REVISTA
ESPAMCIENCIA
para el agro

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

ISSN-e: 1390-8103

VOLUMEN 14

N°1
ENERO-JUNIO 2023

humus EDITORIAL

latindex BASE REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico MIAR Matriz de Información para el Análisis de Revistas PERIÓDICA Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias OAJI.net Dialnet

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

EVALUACIÓN DE EMISIONES DE RUIDO, BARRIO VALDIVIA, GUAYAQUIL

ASSESSMENT OF NOISE EMISSIONS, VALDIVIA NEIGHBORHOOD, GUAYAQUIL

Fernando Alexis González Soto[1], Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar[2], John Byron Ramos Azu[3]Diego Iván Muñoz Naranjo[4]

[1]Centro de Investigaciones Territoriales, Departamento de investigaciones, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
[2]Facultad de Ciencias de la Vida, Biotecnología, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador
[3]Facultad de Ciencias Agrarias, Ingeniería Ambiental, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
[4]Facultad de Ciencias Agrarias, Ingeniería Ambiental, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador

Email: fernando.gonzalez@unl.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
29/03/2023

Aceptado:
16/05/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
14(1):1-7

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.356

Resumen

La contaminación acústica es un problema ambiental, que afecta a largo plazo los procesos auditivos de los seres humanos y las condiciones de vida. Este inconveniente se acentúa con fuerza principalmente en las grandes metrópolis, en donde las actividades productivas, comerciales e industriales, tienen una intensa dinámica; esto genera un entorno disfuncional y de precariedad del estándar de vida en la población. Un claro ejemplo de contaminación ambiental se presenta en el barrio Valdivia, Guayaquil-Ecuador, en donde, se registraron y analizaron niveles de presión sonora producida por la influencia de ruido de los automotores y fuentes fijas del sector. La metodología utilizada en el polígono de interés consistió en tomar un mínimo de 12 mediciones con una duración de 5 segundos cada una, en 9 puntos críticos del barrio Valdivia. Una vez determinados los niveles de ruido equivalente promedio, se observó el grado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente (Documento de registro oficial ecuatoriano N0 387 04). Se evidenció que, durante las dos jornadas, diurna y nocturna, los niveles de ruido sobrepasaron, en todos los puntos críticos, los valores permisibles, registrando máximos de 86.2 dB Ld en horario diurno y 82.9 dB Ln en horario nocturno, respectivamente.

Palabras clave: Acústica, contaminación, sonido, decibeles, ruido, limites.

Abstract

Noise pollution is an environmental problem, which affects the hearing processes of human beings and living conditions in the long term. This inconvenience is strongly accentuated mainly in the large metropolises, where productive, commercial and industrial activities have an intense dynamic; this creates a dysfunctional and precarious environment for the standard of living in the population. A clear example of environmental contamination occurs in the Valdivia neighborhood, Guayaquil-Ecuador, where sound pressure levels produced by the influence of noise from automobiles and fixed sources in the sector were recorded and analyzed. The methodology used in the polygon of interest consisted of taking a minimum of 12 measurements with a duration of 5 seconds each, at 9 critical points in the Valdivia neighborhood. Once the average equivalent noise levels were determined, the degree of compliance with current environmental regulations was observed (Ecuadorian official registration document N0 387 04). It was evidenced that, during the two days, daytime and nighttime, the noise levels exceeded, in all the critical points, the permissible values, registering maximums of 86.2 dB Ld during daytime hours and 82.9 dB Ln at nighttime, respectively.

Keywords: Acoustics, pollution, sound, decibels, noise, limits.

INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es un gran problema en la sociedad y en el ambiente, generando situaciones indeseables y afectando de manera progresiva la salud de las personas (Morano *et al.,* 2021). Es necesario comprender que la contaminación acústica se dio a conocer como factor perturbador de las condiciones ambientales en el congreso de medio ambiente en 1972 (Vasseur, 1973). Este fue el inicio, para que, la Organización de Naciones Unidas – ONU genere una gran cantidad de estudios acerca de este factor contaminante (Heath, 2018; Kumar *et al.,* 2023). Sin embargo, estos esfuerzos no han sido suficientes para la comunidad científica, que continúa generando numerosos estudios, para demostrar cómo afecta la contaminación acústica a la salud de las personas, con efectos de pérdida de audición (Sun *et al.,* 2012), aumento del ritmo cardiovascular (Münzel *et al.,* 2014), estrés (Sheina y Fedorovskaya, 2017), irritabilidad (Alonso, 2019) entre otros. Las altas frecuencias de sonoridad se han demostrado que tienen un efecto adverso en la salud humana, especialmente después de una exposición a largo plazo (Héroux *et al.,* 2020). Actualmente, el ruido urbano es el factor contaminante más peligroso que estimula el insomnio y los trastornos del sistema nervioso (Ersoy y Wagar, 2020).

Las principales causas de los altos niveles de sonoridad responden a efectos antrópicos generados por el ser humano como: congestión vehicular, construcción e industria de pequeña y gran escala (Brown y Van kamp, 2017). Originalmente el punto de inflexión de las externalidades ambientales se agudizó con la revolución industrial en los años 1761 y 1840; en estos años, la mecanización de las empresas emergió perjuicios ambientales a las sociedades contemporáneas (Palacios, 2016).

Los altos niveles de ruidos producen efectos fisiológicos que, en principio son recuperables cuando el ruido cesa, pero con el tiempo pueden llegar a ser irreversibles, convirtiéndose en sordera (Matheson y Stansfeld, 2003). El ruido es un agente que produce daños psicológicos, daños auditivos, alteraciones de conducta, sueño y memoria (Stansfeld, 2015). Según (González, 2017), existe pérdida de concentración por sonidos graves o agudos de alta intensidad como el emitido por la bocina de los automotores.

La ciudad de Guayaquil en los últimos años ha tenido un crecimiento exponencial y desordenado en toda su estructura, territorial, cambiando su morfología urbana radicalmente (Pauta, 2013). Este crecimiento territorial ha traído consigo desarrollo económico, pero una problemática ambiental intensa y compleja de gestionar (Wong Chauvet, 2018). Consecuentemente, esta desorganización urbana, motivó a personas con mayor poder adquisitivo desistan en residir cerca de zonas comerciales, ubicándose en áreas periféricas de tranquilidad, ya que, a mayor distancia de estos sectores, existe menor ruido; por el contrario, la población de bajos recurso habita y enfrenta los más altos niveles de presión sonora (Cattaneo *et al.,* 2015).

En la parroquia Ximena, se han observado zonas vulnerables, debido a la intensidad de ruido que provocan los vehículos livianos y pesados, que acceden a las áreas hospitalarias, centros de estudios universitarios, institutos de educación inicial, media, entre otros; razón para ser considerada zona de interés significativa. Contribuyendo a la problemática, la existencia de discotecas y comercios, que emiten factores altos de sonoridad que irrumpen la calidad de vida de los residentes (Guevara *et al.,* 2018).

Con este antecedente, el presente estudio tiene por objetivo, determinar los niveles de ruido ambiental, al que están expuestos los habitantes del área urbana, parroquia Ximena, ciudad de Guayaquil-Ecuador. En el presente trabajo, se determinó el nivel de presión sonora, diurnos y nocturnos para observar el grado de cumplimiento con la normativa ambiental descrita en el documento de registro oficial Ecuatoriano No 387 04.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el barrio Valdivia, parroquia Ximena, al sur de la ciudad de Guayaquil, entre las avenidas 25 de julio, Domingo Comín y Pío Jaramillo Alvarado (Figura 1). En el sector, se identificaron puntos críticos a nivel de ruido, como escuelas, colegios, universidades, entre otros; que, para sus actividades, demandan niveles sonoros bajos. Se destacó la existencia del hospital del día Valdivia, que tiene una alta demanda de pacientes diarios. Es importante mencionar que esta área del Sur de Guayaquil ha crecido de forma acelerada, con escasa planificación territorial, a diferencias de zonas del Norte y Samborondón. En el sector Sur hay un panorama de desorganización y uso actual de suelo, que corresponde a industrial, comercial y residencial. Este mix de usos de suelo e incompatibilidad ha generado un aumento en los niveles de sonoridad, siendo el punto para ser investigado (Figura 1).

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en el área de estudio de la ciudad de Guayaquil

Monitoreo

Para esta investigación se establecieron dos jornadas de muestreo: diurno (09:45 - 10:45) y nocturno (21:45 – 22:45). El proceso de toma de muestra fue basado en el documento de registro oficial Ecuatoriano No 387 04, tomando 12 días laborables del mes de septiembre del 2021, en horarios establecidos (Cuadro 1).

Se utilizó un sonómetro WS1361 Digital Sound Pressure Tester, marca WESN (Figura 2), el cual mide escalas de 30 a 130 dB, y es de clase 3. El sonómetro fue ubicado en el punto 0, a una altura de 1.5 metros en cada uno de los puntos de muestreo. La frecuencia utilizada fue A, que es la mejor que estima los niveles de ruido al oído humano. Ponderación de tiempo: rápido y lento. Precisión de () 1.5 dB de las muestras tomadas.

La validación se la realizó para el conjunto de datos obtenidos. Se ubicó el sonómetro sobre un trípode para mantener estabilidad y se utilizó una ponderación frecuencia temporal "lenta" de un segundo. Este tipo de frecuencia simula los niveles máximos que el oído humano puede percibir.

Figura 2. WS1361 Digital sound pressure tester (Extech, 2021)

Método

De acuerdo con el registro oficial de Ecuador No 387 04, existen dos métodos para determinar los niveles de ruido: Método de 5 muestras de 15 segundos cada una. El método de 5 segundos de mínimo 10 muestras. Para el presente estudio, se escogió el segundo método, debido a la cantidad de muestras que se pueden registrar. Este método se acopla para un muestreo de fuentes fijas y móviles.
Para la implementación de la metodología, fue necesario los siguientes pasos: (1) Delimitación de puntos de muestreo. (2) Registro de datos, que corresponden a la combinación de fuentes móviles y fijas, en los 9 puntos seleccionados, siguiendo el método establecido en la normativa ambiental vigente. (3) Una vez registrados los 12 datos en cada punto de muestreo. Fue necesario realizar el cálculo del promedio de ruido equivalente, utilizando la ecuación 1

$$L_{eq,p} = 10Log_{10}(\frac{1}{N_p}\sum 10^{\frac{leq}{10}})$$

Ecuación 1. Cálculo del valor equivalente

Donde:

Leq,p = nivel de ruido continuo equivalente promedio para el período de tiempo de interés.

Np = número de mediciones de Leq de intervalo 5 s y 15 s (Registro oficial No 387 04) tomadas durante el tiempo período.

Leq = nivel de ruido continuo equivalente, y representa la exposición total a ruido en un plazo asignado, o la energía promedio del nivel de ruido durante el período de interés.

Por otro lado, para generar la información cartográfica se utilizó el método IDW (Ponderación de la distancia), que parte del fundamento matemático del inverso de la distancia elevada a una potencia matemática (Arcgis Manuals, s.f.). Este modelo estadístico muestra los sitios con mayor precisión sonora y a medida que se realiza un desplazamiento esa cantidad energética disminuye en el área de estudio. Es preciso enfatizar que, para aplicar este método, fueron seleccionados valores de mayor promedio equivalente. Para ello, no se tomó en cuenta la existencia de viviendas, edificios, desniveles, etc.

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Z_i}{{d_i}^p}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{{d_i}^p}}$$

Ecuación 2. Cálculo del valor estimado para el punto p.

Cuadro 1. Niveles permisibles de emisión de ruido según uso de suelo según documento de registro oficial No 387 04 (Ministerio del Ambiente, 2015).

Uso de suelo	Niveles maximos de emision de ruido diurno y nocturno Lkeq (dB)	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
	07h01 hasta 21h00	21h01 hasta 07h00
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de servicios Sociales (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	Cuando existan uso de suelos múltiples o combinaciones se Utilizará el Lkeq más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación.	
Protección Ecológica (PE)	Ejemplo. Uso de suelo Residencial + ID2 Lkeq para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45 dB.	
Recursos Naturales (RN)	La determinación del Lkeq para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4	

En el cuadro 1 del documento de registro oficial Ecuatoriano No 387 04, se estandarizan los niveles de ruido permisibles por cada uso de suelo. La parroquia Ximena, al estar conformada por múltiples equipamientos de servicios públicos (EQ2), comerciales (CM) y residenciales, se adoptaron valores que contemplan un rango de 45 dB por el día y 50 dB por la noche, debido al uso de suelo mixto que tiene la zona.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 3 presenta los datos de presión sonora de cada punto con los niveles registrados en la jornada diurna. Se obtuvo niveles altos de sonoridad, dado que gran parte de la población se dirige a sitios de trabajo y estudio en medios de transporte público y privado. Específicamente en el punto P1 hasta el P4, los niveles de presión sonora tienen tendencia creciente (77.6 a 86.2 dB). Esto se atribuye a que estos puntos están ubicados en la Av. 25 de Julio, una avenida arterial vial del sur, de 6 carriles vehiculares. Por otro lado, en los puntos P5 y P6 los niveles de presión sonora descienden hasta 75.9 dB, debido a que, estos puntos están en la Av. Domingo Comín, arteria vial de 4 carriles. Finalmente, en los P7, P8 y P9 se registró un leve crecimiento de 76.6 a 81.1 dB, atribuible a, la presencia de fuentes fijas en el sector. En los puntos P1 a P9; con un máximo de 86.2 dB y un mínimo de 75.0 dB, en todos los casos se superó los niveles de sonoridad, establecidos por la normativa ecuatoriana de 45 dB (Ministerio del Ambiente, 2015).

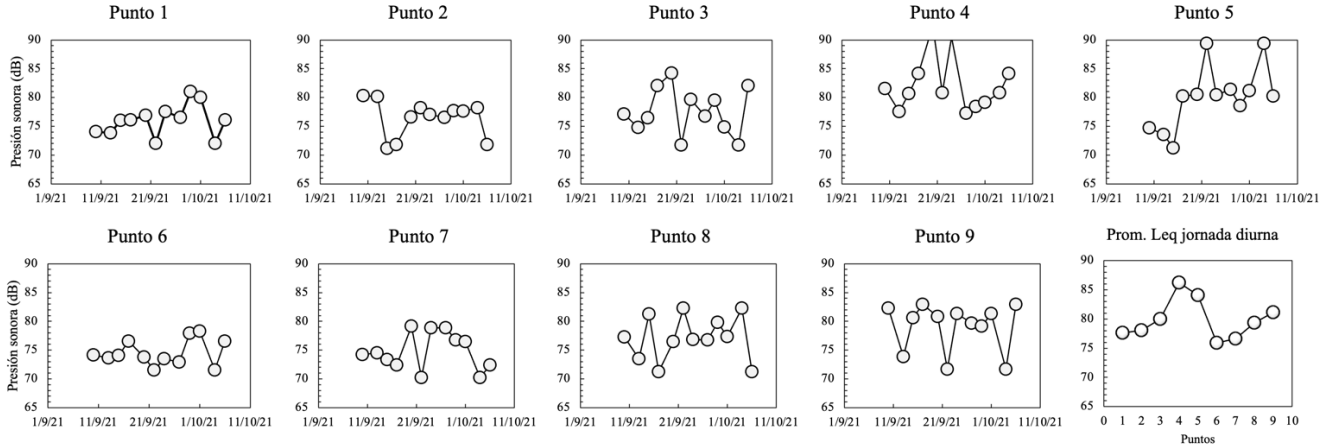


Figura 3. Detalle de los puntos de monitoreo, jornada diurna. Promedio Leq de (dB) del barrio Valdivia jornada diurna. En donde, 45 dB es el límite de sonoridad establecido por la normativa ecuatoriana.

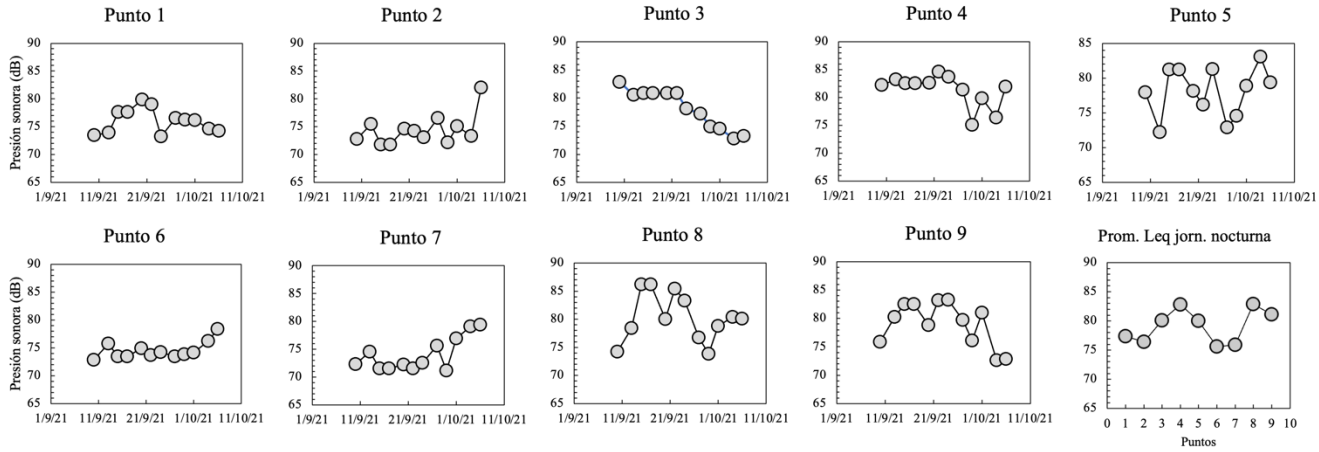


Figura 3. Detalle de los puntos de monitoreo, jornada nocturna. Promedio Leq de (dB) del barrio Valdivia jornada nocturna.

La figura 3 muestra los valores de presión sonora, en dB. registrados en la jornada nocturna, en los puntos P1 a P9, con un máximo de 82.9 dB y un mínimo de 75.8 dB. en todos los casos se superó los niveles de sonoridad, establecidos por la normativa ecuatoriana (55 dB) Documento de registro oficial 387 04.

En la figura 4, se visualiza el mapa de interpolación IDW correspondiente a la jornada diurna. Los puntos 3, 4 y 5, presentan una mayor tonalidad de color, con niveles de presión sonora crecientes de 76 a 83 dB, que se propagan hasta el centro del perímetro. Estos puntos se ubican en la arteria vial 25 de julio. El tráfico vehicular sería el emisor de ruido al igual que las fuentes fijas. A pesar de ser horarios de menos movilidad en la ciudad, los valores registrados contrastaron esta determinación, mostrando que, del P1 al P5 hay un alto nivel de sonoridad, y para los puntos restantes esta tendencia fue irregular, por lo que esta vía soporta un gran flujo vehicular.

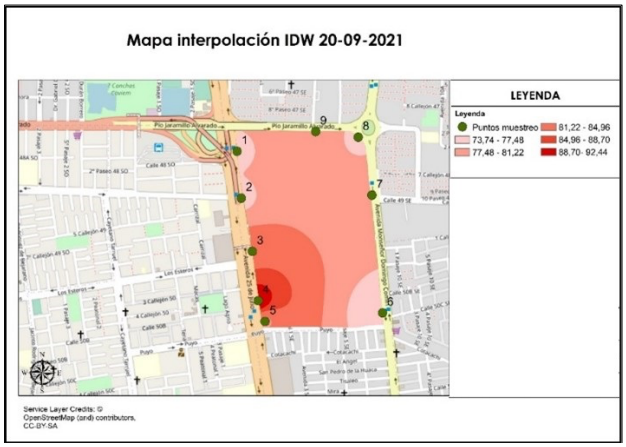


Figura 4. Mapa de IDW de la jornada diurna.

La figura 5 muestra el mapa de interpolación IDW correspondiente a la jornada nocturna, evidenciando en la zona de estudio un alto nivel sonoro, con valores que oscilan entre 72.81 dB a 81.94 dB, siendo los puntos 2, 4, 5, 6, 7 y 8 los que obtuvieron una tonalidad de color más intensa. Estos son altos niveles de ruido a los que están expuestos los habitantes de esta zona residencial.

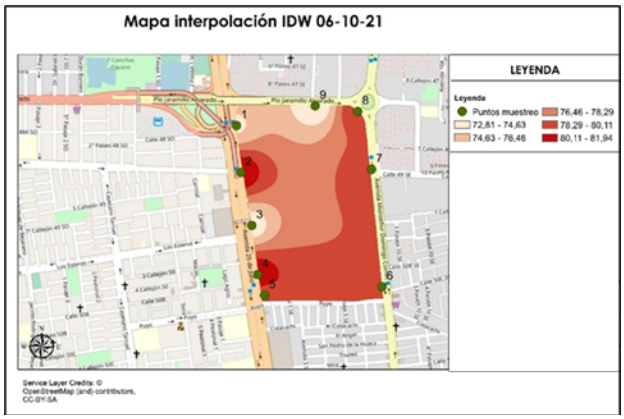


Figura 5. Mapa de IDW jornada nocturna

Discusión

En concordancia con los resultados, se demuestra que, el área de estudio percibe altos niveles de ruido, en rangos que van de 70 dB a 90 dB en cada punto de muestreo. Estos valores acústicos son soportados por la población cercana a las grandes avenidas o ejes viales de la ciudad. En este mismo contexto, un estudio realizado por (Osejos, 2015) en la provincia de Manabí, cantón Jipijapa fueron monitoreados los niveles de ruido en zonas céntricas de la ciudad. Para registrar los valores, se utilizó un sonómetro de clase 1, que fue empleado durante 2 minutos en cada

uno de los 8 puntos de muestreo; los resultados de este estudio mostraron alta sonoridad, obteniendo valores entre 70 dB y 80 dB; presentando similitud con los resultados del presente estudio, pese a la diferencia de metodologías empleadas.

En un estudio realizado en Guayaquil por la Fundación contra el Ruido, se realizaron monitoreos desde la calle Ayacucho hasta la intersección con Alejo Lascano, y todo el perímetro del sector La Bahía, llegando a registrar valores entre 70 dB y 80 dB, especialmente en las horas de mayor tráfico automotor. En este estudio, se logró determinar que niveles elevados de ruido se registraron en sectores centrales de la ciudad de Guayaquil e igual intensidad en zonas periféricas.

En un artículo publicado (Calero et al., 2017), se levantó una línea base sustentada en un monitoreo sonoro, a través de la selección de cinco zonas críticas, que se evaluaron con respecto al tráfico vial y a la aplicación de una encuesta del ciudadano.

Es importante recalcar, que los puntos 7 y 8 del presente estudio fueron colocados en los mismos que nuestro grupo de investigación. Por lo tanto, se concluyeron que el 79% de la muestra analizada fueron sujetas a altos niveles de sonoridad.

El método IDW es frecuentemente utilizado para representar datos acústicos; sin embargo, existen una gran cantidad de softwares especializados para manejar datos de ruido. Como fue mostrado con anterioridad, los rangos equivalentes fueron de 70 dB a 90 dB. siendo los puntos 2, 4, 5, 6, 7 y 8 los que presentaron mayores niveles de sonoridad.

La investigación realizada por (Berrezueta et al., 2018) difiere con nuestros resultados, puesto que, a través del uso de sonómetros y encuestas, fueron evaluados 21 puntos críticos de afectación, los valores expuestos superaron los 64 dB; posterior a ello fue empleado el método de interpolación para el mapeo e identificación de zonas afectadas. Este estudio no fue realizado bajo comparación de normativa vigente y contrasta con los resultados obtenidos por el estudio propuesto.

De la misma manera, nuestro estudio coincidió con el realizado, por Moyano et al. (2019) en Macas-Ecuador. En este estudio, se determinó niveles hasta 70 dB en 9 puntos colocados a lo largo del Terminal Terrestre de la ciudad. Los puntos fueron mapeados con el método IDW para visualizar la presión sonora de la zona de estudio. Es importante mencionar, que tampoco este estudio fue comparado con la normativa acústica vigente.

CONCLUSIONES

Se determinó que, los 9 puntos de muestreo en Valdivia, Guayaquil superaron los valores máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente, presentando valores por encima de 55 dB para jornada diurna y 45 dB para jornada nocturna. Los niveles de ruido en la ciudad de Guayaquil son alarmantes, y se debería implementar estrategias innovadoras y funcionales para reducir los niveles de presión sonora a los que están expuestos los habitantes de la ciudad. Es ineludible y primordial la aplicación de la normativa acústica ecuatoriana para controlar y reducir, de manera efectiva, los niveles de contaminación sonora.

LITERATURA CITADA

Alonso. A. 2019. Noise pollution and health. Recent trends and Advances in Environmental Health. 83-96. https://doi.org/10.1080/09638237.2022.2118694

Berrezueta, B., Berrú Cabrera, J. ;, Oyola Estrada, J. ;, & Zambrano, Z. 2018. Metodología para la elaboración de mapas de ruido en Machala. In Conference Proceedings UTMACH (Vol. 2). http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/index

Brown. A., y Van kamp. I. 2017. WHO environmental noises guidelines for the European region: A systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. International Journal of Environmental Research and Public Health. 14(8). 1-44. doi: https://doi.org/10.3390/ijerph14080873

Calero, M., Calero, L., & Andrade, M. 2017. Indicador ambiental-acústico en la calidad de vida urbana de Guayaquil.

Cattaneo. M., Vecchio. R. L., Sardi. M., Navilli. L., Scroochi. F., & Grupo. G. (2015). Estudio de la contaminación sonora en la ciudad de Buenos Aires. Recuperado de: https://www.palermo.edu/ingenieria/PDFs/GIIS/Trabajo_COINI_Cattaneo1.pdf.

Ersoy. S. & Wagar. T. 2020. Autonomous Vehicle and Smart Traffic. Recuperado de: https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/43410/external_content.pdf?sequence=1

Extech. 2021. User Manual Digital Sound Level Meter. 1-g. Recuperado de: https://www.extech.com/products/resources/407730_UM-en.pdf

González. J. 2017. El ruido del tráfico vehicular y sus efectos en el entorno y la salud humanos. El ruido del tráfico vehicular y Sus Efectos en el Entorno Urbano y la Salud Humana. 7(1). 93-99. doi: https://doi.org/10.18566/puente.v7n1.a10

Guevara. S., Calero. L., & Hechavarría. J. 2018. Evaluación ambiental acústica en la urbanización cumbres del sol. ciudad de Guayaquil.pdf. Recuperado de: https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/222

Health. 2018. The Health effects of environmental noise. The Health Effects of Environmental Noise. Recuperado de: https://www.health.gov.au/sites/default/files/documents/2020/02/enhealth-guidance-the-health-effects-of-enviromental-noise.pdf

Kumar. S.. Chauhan. B. S.. Garg. N. 2023. Significance and implications of Noise Mapping for Noise Pollution Control. In: Yadav. S., Chaudhary. K., Gahlot. A., Arya. Y., Dahiya. A., Garg. N., (eds). Recent Advances in Metrology. Lectures Notes in Electrical Engineering. 906. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2468-2_36

Matheson. M. P., & Stansfeld. S. A. 2003. Noise Pollution: Non-auditory effects on health. British Medical Bulletin. 68: 243-257. https://doi.org/10.1093/bmb/ldg033

Ministerio del ambiente. 2015. Documento_Registro-Oficial-No-387-04- noviembre-2015. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Münzel. T., Gori. T., Babisch. W., & Basner. M.2014). Cardiovascular effects of environmental noise exposure. European Heart Journal. 35(13). 829-836. doi: https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu030

Morano, P., Tajani, F., di Liddo, F., & Darò, M. 202). Economic evaluation of the indoor environmental quality of buildings: The noise pollution effects on housing prices in the city of Bari (Italy). Buildings, 11(5). doi: https://doi.org/10.3390/buildings11050213

Moyano Jácome, M. G., Pasato Jarro., Uvidia Armijo, L. A., & Martínez M. 2019. Evaluación de la contaminación acústica en el terminal terrestre del cantón Morona, ciudad Macas mediante la identificación de niveles de presión sonora. Ciencia Digital, 3(3.1): 253–269. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.1.699

Osejos. M. 2015. Análisis de la incidencia de la planificación urbanística en la contaminación acústica de la ciudad de Jipijapa. Ecuador. 18(36): 85-91.

Palacios. G. 2016. Crecimiento demográfico y demandas sociales. Población y Desarrollo. 14(25): 47-64.

Pauta. F. 2013. La Ordenación Territorial y Urbanística. Un camino para su aplicación en el Ecuador.

Sheina. S., & Fedorovskaya. A. 2017. Ecological aspects in assessment of acoustic pollution at the territory of Rostov-on-Don. MATEC Web of Conferences. 106:1 – 6. doi: https://doi.org/10.1051/matecconf/201710607010

Stansfeld. S. A. 2015. Noise effects on health in the context of air pollution exposure. International Journal of Environmental Research and Public Health. 12(10):12735-12760. doi: https://doi.org/10.3390/ijerph121012735

Sun. W., Deng. A., Jayaram. A., & Gibson. B. 2012. Noise exposure enhances auditory cortex responses related to hyperacusis behavior. Brain Research. 1485:108 - 116. doi: https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.008

Vasseur. E. 1973. United Nations Conference on the Human Environment Stockholm. 5 – 16 June 1972. Water Research. 7(8): 1227 – 1223. doi: https://doi.org/10.1016/0043-1354(73)90077-8

Wong Chauvet. D. 2018. Del caos al orden. Guayaquil y su Desarrollo urbano actual. Ciudades. 9(09). 179. doi: https://doi.org/10.24197/ciudades.09.2005.179-192

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

PREVALENCIA DE LEUCEMIA VIRAL FELINA EN GATOS DOMÉSTICOS LOCALIZADOS EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR

PREVALENCE OF FELINE VIRAL LEUKEMIA IN DOMESTIC CATS LOCATED IN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR

Fredy Guillen-Gonzalez y Edy Castillo-Hidalgo

Universidad Católica de Cuenca, Posgrado. Cuenca, Azuay, Ecuador

Email: fredy.guillen.76@est.ucacue.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
02/03/2023

Aceptado:
29/05/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
14(1):8-14

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.355

Resumen

Con el propósito de evaluar la prevalencia de leucemia viral felina en gatos domésticos de la ciudad de Santo Domingo, Ecuador, se realizó una investigación de 47 gatos mayores de 6 meses, sanos o con signos patológicos, atendidos en Clínica Veterinaria SERVET. Se extrajo una muestra de sangre de 0,75 ml sobre la vena cefálica de cada paciente para el diagnóstico, a través de pruebas moleculares, las cuales fueron realizadas a partir del plasma obtenido mediante centrifugación. Para la determinación se utilizó un equipo termociclador Bioer LineGene 9600 Plus, se calculó la prevalencia general de la enfermedad y se determinó los factores de riesgo a través del análisis de contingencia; además se utilizó las pruebas de Chi-cuadrado y de Fisher, de acuerdo a la naturaleza de los datos. Los resultados demuestran que la prevalencia de FeLV en la ciudad de Santo Domingo fue de 68,1%; debido a que el acceso a el principal factor de riesgo estuvo representado por la edad, siendo los gatos jóvenes los más susceptibles. El acceso a espacios abiertos y la carencia de una adecuada atención sanitaria implica altos riesgos de infección. El 68,8% de los gatos que resultaron positivos vive en casas abiertas, el 93,8% no contaban con la aplicación de vacunas FeLV y el 62,5 % no se desparasitan regularmente. El género, la condición de fertilidad reproductiva, la aplicación de la vacuna triple, la pureza de la raza, el tipo de alimentación ni la convivencia con otros animales, no inciden como factores de riesgo en el contagio de la FeLv.

Palabras clave: PCR, *Felis silvestris catus*, edad, vacuna FeLV, manejo sanitario.

Abstract

With the purpose of evaluating the prevalence of feline viral leukemia in domestic cats in Santo Domingo city, Ecuador, an investigation was carried out on 47 cats older than 6 months, healthy or with pathological signs, treated at the SERVET Veterinary Clinic. A 0.75 ml blood sample was extracted from the cephalic vein of each patient for diagnosis, through molecular tests, which were performed from the plasma obtained by centrifugation. For the determination, a Bioer LineGene 9600 Plus thermocycler was used, the general prevalence of the disease was calculated and the risk factors were determined through contingency analysis; in addition, the Chi-square and Fisher tests were used, according to the nature of the data. The results show that the prevalence of FeLV in Santo Domingo city was 68.1%; because access to the main risk factor was represented by age, with young cats being the most susceptible. Access to open spaces and the lack of adequate health care implies high risks of infection. 68.8% of the cats that were positive live in open houses, 93.8% did not have the application of FeLV vaccines and 62.5% do not deworm regularly. Gender, reproductive fertility status, application of the triple vaccine, breed purity, type of diet, or living with other animals do not affect FeLv infection as risk factors.

Keywords: PCR, *Felis silvestris catus*, age, FeLV vaccine, health management.

INTRODUCCIÓN

El virus de la leucemia felina (FeLV) es un ARN monocatenario de la familia Retroviridae. Se ha descrito que las principales vías de transmisión son a través de contacto prolongado con fluidos corporales, saliva, orina, secreciones nasales y heces (Bande *et al*., 2012; Sykes y Hartmann, 2014; Hartmann y Hofmann-Lehmann, 2020); asimismo, la transmisión del virus puede ocurrir durante la gestación (vía placentaria) y a través de la lactancia materna (Levy *et al*., 2008), incluso por heridas causadas por arañazos y mordeduras (Stavisky *et al*. 2017; Amoroso *et al*. 2022).

Las infecciones por FeLV causan una enfermedad grave en los gatos al dañar el sistema inmunitario y causar tumores malignos. El virus se transmite tanto horizontal como verticalmente, por lo que la incidencia de la enfermedad puede aumentar significativamente en el futuro. Esta infección es común en todo el mundo, pero la prevalencia de la enfermedad varía mucho entre países y regiones y depende de la población estudiada y la prueba diagnóstica utilizada (Kokkinaki *et al*., 2021).

Se ha informado prevalencia de FeLV entre 1 y 3 % de la población mundial de gatos, entre 1 y 15% en Europa, de 2 a 3 % en Estados Unidos, de 3 a 28 % en Sudamérica y de 1 a 24,5 % en Asia, Australia y Nueva Zelanda (Burling *et al*., 2017; Westman *et al*., 2019; Spribler *et al*., 2022).

En un estudio realizado en Europa, donde se incluyeron 32 países y más de 6.000 datos, Studer *et al*. (2019) determinaron las prevalencias para FeLV a través de RT-qPCR para Portugal con 8,8%, Hungría con 5,9%, Italia y Malta con 5,7%; mientras que en los países restantes no se detectaron casos positivos a la enfermedad. Estos resultados fueron asociados con los siguientes factores de riesgo: ser machos intactos, tener entre 1 y 6 años, con acceso al exterior o vivir únicamente en exteriores, vivir en grupos de más de cinco felinos y presentar enfermedades concomitantes (Moreno-García *et al*., 2022).

La Asociación Estadounidense de Médicos Felinos (AAFP) recomienda conocer el estado de retrovirus de gatos, ya que las consecuencias son importantes para pacientes y cualquier gato en contacto con ellos, realizar pruebas de diagnóstico y no permitir el contacto de gatos sanos con gatos infectados por FeLV para prevenir la propagación de la enfermedad (Little *et al*., 2020).

La infección por FeLV es motivo de preocupación para los dueños de gatos debido a su capacidad para inducir tumores e inmunodeficiencia, lo que predispone a los gatos a otras enfermedades secundarias.

En Ecuador no existen datos oficiales de la población de gatos. El Ministerio de Salud Pública de Ecuador maneja la cifra de un gato con dueño por cada 76 personas, derivado de las campañas de vacunación antirrábica a nivel nacional (MSP, 2017); mientras que Calderón (2019) reporta para el cantón Rumiñahui, una población estimada de un gato por cada 14,34 personas en la parroquia Sangolquí y un gato por cada 14,85 personas en la parroquia San Rafael.

Ante el aumento de casos de gatos que acuden a consulta con sintomatología de leucemia viral felina (FeLV), y dadas las dificultades para el diagnóstico preciso de la enfermedad, la presente investigación tuvo como objetivo identificar los factores de riesgo para la leucemia viral felina en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador, como una herramienta para el desarrollo de estrategias de prevención.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó sobre 47 gatos atendidos en Clínica Veterinaria SERVET, de la ciudad de Santo Domingo, Ecuador, durante el periodo noviembre 2021 a enero 2022, a los cuales se les elaboró una historia clínica contentiva de la información sanitaria del paciente y de las condiciones de convivencia, alimentación, condición reproductiva y otros posibles factores de riesgo para la enfermedad.

Para la selección de los gatos a ser evaluados para diagnóstico de leucemia viral felina, se consideraron a pacientes mayores de 6 meses, sanos, con o sin signos patológicos de diversa índole, independientemente del sexo. Adicionalmente, los propietarios fueron encuestados acerca de la edad precisa de los gatos, la aplicación de las vacunas triple y contra leucemia, la frecuencia de desparasitación y los motivos de la consulta veterinaria.

A cada paciente seleccionado se le extrajo una muestra de sangre de 0,75 ml, tomada sobre la vena cefálica con jeringa de 1 ml y aguja 23x1, que luego se traspasó a un tubo de 1 ml con EDTA y se identificó mediante el código de historia clínica de cada paciente. A continuación, se realizó un hemograma a través de un equipo de análisis hematológico Rayto.

Se realizó pruebas moleculares con el plasma de las muestras, obtenido mediante centrifugación, las cuales fueron conservadas bajo refrigeración a una temperatura entre 2 – 8 °C hasta el momento de su procesamiento en el laboratorio molecular.

La amplificación molecular de la muestra se realizó mediante técnica de biología molecular en muestra de sangre total con EDTA, para detectar el genoma viral por PCR (reacción en cadena de polimerasa), permitiendo diagnosticar el ARN proviral y el ADN viral, mediante una transcripción seguida de amplificación (RT-PCR). Para la determinación se utilizó un equipo termociclador; LineGene 9600 plus 2021-04 de BIOER (Hangzhou bioer technology CO., LTD), China, usando en PCR el reactivo

TaqPath 1-step multiplex de Applied biosistems y para la extracción de ARN Y ADN: Purelink viral DNA RNA mini kit (invitrogen).

Cálculo de la prevalencia

En función de los resultados de cada prueba diagnóstica, se calculó la prevalencia de leucemia viral felina de acuerdo a la ecuación 1.

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{Gatos FeLV positivos} * 100}{\text{Población total evaluada}} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Análisis estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos de los análisis ejecutados sobre los 47 pacientes, se organizaron en tablas dinámicas para realizar un análisis estadístico descriptivo. Dada la naturaleza cualitativa de los resultados, las comparaciones entre los resultados se realizaron a través de la prueba exacta de Fisher y la prueba de Chi cuadrado de dos colas, a un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través de la prueba molecular se obtuvo una prevalencia general de 68,1%, derivado de la obtención de 32 casos positivos de los 47 casos evaluados. El principal factor de riesgo para la enfermedad estuvo representado por la edad de los animales, lo cual resultó altamente significativa a través de la prueba de Chi-cuadrado. Esta situación se evidencia en que todos los felinos que resultaron negativos para la leucemia viral eran menores de un año (31,9%); una pequeña proporción de gatos se contaminó en el primer año de vida (2,1%), pero los mayores niveles de prevalencia se obtuvieron en gatos de 2, 3 y 4 años, con proporciones de 23,4, 14,9 y 10,6%, respectivamente (Figura 1).

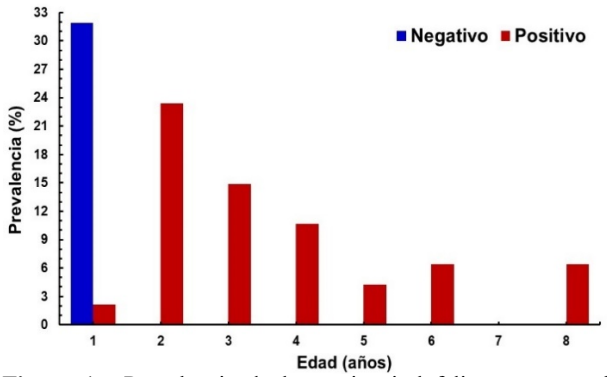


Figura 1. Prevalencia de leucemia viral felina en gatos de diferentes edades en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador.

Diversos estudios reconocen que la susceptibilidad de los gatos a la FeLV depende de la edad y varios investigadores reconocen a la edad adulta como un factor de riesgo importante para la infección por FeLV (Levy *et al*., 2008; Gleich *et al.,* 2009; Capozza *et al*., 2021), aunque también existen estudios contradictorios que cuestionan el papel de la edad como factor de riesgo para la leucemia viral (Levy *et al.,* 2008; Bande *et al*., 2012; Westman *et al*., 2017; Studer *et al*., 2019).

Guillén-González *et al.* (2021) reportaron una prevalencia de FeLV entre 35 y 50 % para gatos entre 1 y 6 años de edad, y de 100 % en animales de 8 años a través del diagnóstico con la prueba inmunocromatográfica; mientras que, con el PCR, la prevalencia se ubicó entre 60 y 70 % para gatos entre 1 y 4 años de edad, y de 100 % para animales de mayores de 4 años. Por su parte, Yasir *et al*. (2022) reportaron que los gatos adultos son más resistentes a la infección por que los gatos jóvenes.

Rungsuriyawiboon *et al*. (2022) y Sivagurunathan *et al*. (2018) coinciden en que la infección por FeLV era más frecuente en gatos jóvenes, lo cual probablemente está relacionado con la disminución de la expectativa de vida de los gatos infectados progresivamente, debido a que esta enfermedad induce inmunosupresión, linfadenopatía, tumores y anemia, que limita las expectativas de vida de los animales infectados (Stuke *et al*., 2014; Chhetri *et al*., 2015; Hartmann y Levy, 2017).

El cuadro 1 muestra la prevalencia de la leucemia viral felina en relación a los factores de riesgo considerados. No se encontraron diferencias estadísticas para los factores género, condición de fertilidad reproductiva, expresada como esterilizados o no, la aplicación de la vacuna triple, la pureza de la raza, el tipo de alimentación ni la convivencia con otros animales. Por otro lado, se detectó diferencias estadísticas significativas para las variables aplicación de la vacuna FeLV, desparasitación y tipo de vivienda.

En concordancia con estos resultados, Rungsuriyawiboon *et al*. (2022) no encontraron diferencias estadísticas entre gatos intactos y castrados; sin embargo, Gleich *et al*. (2009) reportaron que el mayor riesgo de infección por FeLV entre los gatos machos. Por su parte, Moreno-García *et al*. (2022) afirman que los pacientes machos tuvieron una seroprevalencia superior a las hembras, con valores máximos de 20,3% y 15,4%, respectivamente, con una probabilidad de infección de 1,64 para los machos con respecto a las hembras.

En contraste con esta investigación, Gleich *et al*. (2009) encontraron que el riesgo de infección por FeLV fue significativamente mayor en los gatos de raza mixta que, en los gatos de raza pura, en gatos que tenían contacto con otros gatos y los que mostraban un comportamiento agresivo.

En Brasil, Da Costa *et al*. (2017), determinaron una prevalencia general de FeLV de 31%, sobre una población de 485 pacientes, e identificaron como factores de riesgo la

edad (pacientes jóvenes, menores a 3 años), las razas cruzadas o criollas y el género macho, similar a lo reportado por Moreno-García *et al*. (2022). Similarmente, Cristo *et al*. (2019) determinaron que animales menores de cuatro años, el género macho y la raza mestiza son factores de riesgo asociados con la enfermedad.

Cuadro 1. Prevalencia (%) de leucemia viral felina en gatos bajo diferentes factores de riesgo en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador.

Factor de riesgo		Resultado PCR		Prueba estadística	
		Negativo	Positivo	X^2	Fisher
Género	Hembra	36,7	23,5	0,353ns	0,517ns
	Macho	63,3	76,5		
Esterilización	No	66,7	59,4	0,632ns	0,753ns
	Si	33,3	40,6		
Vacuna triple	No	40,0	59,4	0,215ns	0,347ns
	Si	60,0	40,6		
Vacuna FeLV	No	40,0	93,8	0,001**	0,001**
	Si	60,0	6,2		
Desparasitación	No	20,0	62,5	0,007**	0,011*
	Si	80,0	37,5		
Pureza de raza	Mestizo	86,7	90,6	0,682ns	0,648ns
	Raza pura	13,3	9,4		
Tipo de alimento	Balanceado	56,3	78,1	0,248ns	No aplica
	Casero	25,0	9,4		
	Mixto	18,7	12,5		
Tipo de vivienda	Casa abierta	31,9	68,8	0,008**	No aplica
	Casa cerrada	50,0	9,4		
	Departamento	18,1	21,8		
Convivencia	Gatos	66,7	71,8	0.908ns	No aplica
	Perros	13,3	9,4		
	Solo	20,0	18,8		

No significativo = ns; Significativo * ($p \leq 0,05$); ** ($p \leq 0,01$)

Los resultados indican que el 93,8% de los gatos que resultaron positivos a la enfermedad no contaban con la aplicación de la vacuna contra la leucemia felina; mientras que el 60 % de los animales que resultaron negativos en la prueba PCR habían recibido la vacuna FeLV (Figura 2).

En México se determinó que la mayor proporción de gatos infectados con FeLV ocurrió en animales menores de 3 años, lo cual fue asociado con inapropiados esquemas de vacunación, comportamientos predominantes de socialización y agresividad, así como la ausencia de animales castrados (Ramírez *et al*. 2016).

Actualmente se cuenta con una gran cantidad de vacunas funcionales que han permitido reducir el riesgo de prevalencia en gran manera, sobre todo de aquellas infecciones adquiridas por mordeduras y otras heridas, y se ha logrado reducir en 8 veces el riesgo de infección por FeLV con respecto a los gatos no vacunados (Criado, 2022) y se ha disminuido considerablemente la prevalencia de FeLV como resultado de la vacunación eficaz y la identificación y segregación de los gatos infectados (Burling *et al*., 2017; Parr *et al*., 2021); sin embargo, Moskvina *et al*. (2021) destacan que ninguna de las vacunas disponibles proporciona una protección duradera.

La administración de vacunas contra FeLV es ineficaz en los gatos infectados, por lo que los dueños de gatos se vuelven relativamente incautos a la hora de prevenir la transmisión del FeLV. La identificación rápida de la etapa infectiva de FeLV mejoraría el control de la infección mediante el aislamiento oportuno de los gatos infectados, manteniendo comederos y alojamientos separados, y promoviendo la vacunación contra FeLV en gatos de alto riesgo, particularmente en hogares con varios gatos (Lacharoje *et al*., 2021).

En relación a los efectos de la desparasitación sobre la infección de FeLV, se encontró que el 80 % de los felinos que resultaron negativos a la enfermedad habían sido desparasitados; mientras que, del total de gatos que resultaron positivos a la prueba PCR, el 62,5 % no habían sido desparasitados regularmente.

No existen reportes que asocien la desparasitación como un factor de riesgo para la FeLV, sin embargo, está bien documentado que la presencia de parásitos intestinales en los felinos se manifiesta como trastornos digestivos que inducen anorexia, indigestión, tumores abdominales, peritonitis, fecalomas, megacolon, problemas hepáticos y vómitos, entre otros; lo cual se refleja en el debilitamiento del sistema inmune. Además, la carencia de un esquema de desparasitación rutinario implica poca atención de los propietarios sobre el cuidado sanitario de sus mascotas.

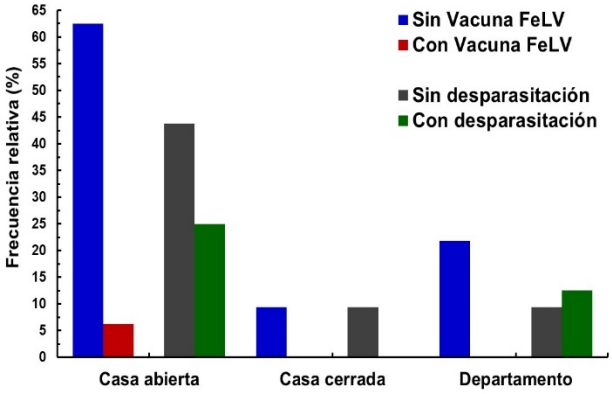


Figura 2. Factores sanitarios de riesgo para leucemia viral felina en gatos de la ciudad de Santo Domingo, Ecuador.

En esta investigación, el tipo de vivienda representa un importante factor de riesgo para la infección de la leucemia viral felina. En el caso de los gatos que resultaron positivos a FeLV, el 68,8% vive en casas abiertas, con salidas frecuentes fuera de ella; el 21,8% vivía en departamentos y solo 9,4 % vive en casas cerradas. Contrariamente, el 68,1% de los felinos que resultaron negativos para la enfermedad viven en ambientes cerrados (Figura 2).

Rungsuriyawiboon *et al*. (2022) reportaron como factores de riesgo los hogares con varios gatos y los gatos callejeros, lo cual asociaron a deficiencias en la higiene, que pudo haber provocado los efectos inmunosupresores del estrés, lo que resulta en la reactivación de algunas infecciones y una mayor susceptibilidad a nuevas infecciones. Similarmente, una alta prevalencia de infecciones retrovirales fue asociada a gatos domésticos de pelo corto, además, los gatos machos fueron más propensos a la infección que las gatas, lo cual se relacionó con la vida al aire libre y a las peleas con otros machos, tal como lo señalan Bande *et al*. (2012).

CONCLUSIONES

La prevalencia general de FeLV en la ciudad de Santo Domingo fue de 68,1 %. El principal factor asociado a la enfermedad estuvo representado por la edad de los animales, ya que la enfermedad resultó más frecuente en gatos jóvenes.

El 68,8 % de los gatos que resultaron positivos a FeLV viven en casas abiertas, el 93,8 % de los infectados no contaban con la aplicación de la vacuna contra la leucemia felina; mientras que el 62,5 % no habían sido desparasitados regularmente, de lo cual se desprende que, el acceso a espacios abiertos y la carencia de una atención sanitaria oportuna y eficaz conduce a altos riesgos de infección de la enfermedad.

No se encontraron diferencias estadísticas para los factores género, condición de fertilidad reproductiva, la aplicación de la vacuna triple, la pureza de la raza, el tipo de alimentación ni la convivencia con otros animales.

LITERATURA CITADA

Amoroso, M.G., Serra, F., Miletti, G., Cardillo, L., de Martinis, C., Marati, L., Alfano, F., Ferrara, G., Pagnini, U., De Carlo, E., Fusco, G., Montagnaro, S. 2022. A Retrospective Study of Viral Molecular Prevalences in Cats in Southern Italy (Campania Region). Viruses, 14, 2583. https://doi.org/10.3390/v14112583

Bande, F., Arshad, S. S., Hassan, L., Zakaria, Z., Sapian, N. A., Rahman, N. A., Alazawy, A. 2012. Prevalence and risk factors of feline leukaemia virus and feline immunodeficiency virus in peninsular Malaysia. BMC Veterinary Research, 8:1-6.

Burling, A. N., Levy, J. K., Scott, H. M., Crandall, M. M., Tucker, S. J., Wood, E. G., Foster, J. D. 2017. Seroprevalences of feline leukemia virus and feline immunodeficiency virus infection in cats in the United States and Canada and risk factors for seropositivity. Journal of the American Veterinary Medical Association, 251(2):187-194. https://doi.org/10.2460/javma.251.2.187

Calderón, S. 2019. Estimación del número de caninos y felinos domésticos de las parroquias Sangolquí y San Rafael del cantón Rumiñahui, utilizando el método de encuesta. Trabajo de Grado. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Quito: UCE. 89 p. En: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19962

Capozza, P., Lorusso, E., Colella, V., Thibault, J. C., Tan, D. Y., Tronel, J. P., Halos, L., Beugnet, F., Elia, G., Nguyen, V. L., Occhiogrosso, L., Martella, V., Otranto, D., Decaro, N. 2021. Feline leukemia virus in owned cats in Southeast Asia and Taiwan. Veterinary Microbiology, 254, 109008. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109008

Criado, J. R. 2022. Prevención y tratamientos contra la leucemia felina. MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide, (44):9.

Cristo, T. G., Biezus, G., Noronha, L. F., Gaspar, T., Dal Pont, T. P., Withoeft, J. A., Furlan L.V., Costa, L.S., Traverso, S.D., Casagrande, R. A. 2019. Feline leukaemia virus associated with leukaemia in cats in Santa Catarina, Brazil. Journal of comparative pathology, 170:10-21. https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2019.05.002

Chhetri, B. K., Berke, O., Pearl, D. L., Bienzle, D. 2015. Comparison of risk factors for seropositivity to feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus among cats: a case-case study. BMC veterinary research, 11(1):1-7. https://doi.org/10.1186/s12917-015-0339-3

Da Costa, F., Valle, S., Machado, G., Corbellini, L., Coelho, E, Rosa, R., González, F. 2017. Hematological findings and factors associated with feline leukemia virus (FeLV) and feline immunodeficiency virus (FIV) positivity in cats from southern Brazil. Pesquisa Veterinaria Brasileira, 37:1531-1536. https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017001200028

Gleich, S. E., Krieger, S., Hartmann, K. 2009. Prevalence of feline immunodeficiency virus and feline leukaemia virus among client-owned cats and risk factors for infection in Germany. Journal of Feline Medicine & Surgery, 11(12):985-992. http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.jfms.2009.05.019

Guillén-González, F., Maldonado-Cornejo, M., Castillo-Hidalgo, E. 2021. Comparación de las pruebas molecular e inmunocromatográfica en el diagnóstico de la Leucemia Viral Felina. Revista Científica, FCV-LUZ, Vol. 32, e32127, 1 – 8. https://doi.org/10.52973/rcfcv-e32127

Hartmann, K., Levy, J. K. 2017. Feline Leukemia Virus Infection. In: Ettinger SJ, Feldman EC, Côté E.

Veterinary Internal Medicine. 8th ed. St. Louis: Elsevier, WB Saunders: Philadelphia; 978-983.

Hartmann, K., Hofmann-Lehmann, R. 2020. What's new in feline leukemia virus infection. Veterinary Clinics: Small Animal Practice, 50(5), 1013-1036. https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.05.006

Kokkinaki, K.G., Saridomichelakis, M.N., Leontides, L., Mylonakis, M.E., Konstantinidis, A.O., Steiner, J.M., Suchodolski, J.S., Xenoulis, P.G. 2021. A prospective epidemiological, clinical, and clinicopathologic study of feline leukemia virus and feline immunodeficiency virus infection in 435 cats from Greece. Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis., 78, 101687. https://doi.org/10.1016/j.cimid.2021.101687

Lacharoje, S, Techangamsuwan, S., Chaichanawongsaroj, N. 2021. Rapid characterization of feline leukemia virus infective stages by a novel nested recombinase polymerase amplification (RPA) and reverse transcriptase-RPA. Scientific Reports, 11(1):22023. https://doi.org/10.1038/s41598-021-01585-9

Levy, J., Crawford, C., Hartmann, K., Hofmann-Lehmann, R., Little, S., Sundahl, E., Thayer, V. 2008. 2008 American Association of Feline Practitioners' feline retrovirus management guidelines. Journal of Feline Medicine and Surgery, 10(3):300-316. https://doi.org/10.1016/j.jfms.2008.03.002

Little, S., Levy, J., Hartmann, K., Hofmann-Lehmann, R., Hosie, M., Olah, G., Denis, K. 2020. 2020 AAFP feline retrovirus testing and management guidelines. Journal of feline medicine and surgery, 22(1):5-30. https://doi.org/10.1177/1098612x19895940

Moreno-García, N., Camargo-Poveda, A., Caro, L., Andrade-Becerra, R. 2022. Virus de la leucemia e inmunodeficiencia felina: un estudio retrospectivo en clínicas veterinarias particulares en Bogotá y Chía (Colombia), 2015-2019. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 69(2):155-165. https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n2.103264

Moskvina, T. V., Shchelkanov, M., Tsybulski, A. V. 2021. FeLV-infection: problems and prospects of vaccine prevention and interferon-therapy of feline leukemia. Russian Journal of Infection and Immunity, 11(4):624-634. https://doi.org/10.15789/2220-7619-FPA-882

MSP (Ministerio de Salud Pública). 2017. Lineamientos para la Campaña Masiva de Vacunación Antirrábica Canina y Felina. Quito.

Parr, Y. A., Beall, M. J., Levy, J. K., McDonald, M., Hamman, N. T., Willett, B. J., Hosie, M. J. 2021. Measuring the humoral immune response in cats exposed to feline leukaemia virus. Viruses, 13(3):428. https://doi.org/10.3390/v13030428

Ramírez, H., Autran, M., García, M. M., Carmona, M. A., Rodríguez, C., Martínez, H. A. 2016. Genotyping of feline leukemia virus in Mexican housecats. Archives of virology, 161:1039-1045. https://doi.org/10.1007/s00705-015-2740-4

Rungsuriyawiboon, O., Jarudecha, T., Hannongbua, S., Choowongkomon, K., Boonkaewwan, C., Rattanasrisomporn, J. 2022. Risk factors and clinical and laboratory findings associated with feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus infections in Bangkok, Thailand. Veterinary World, 15(7):1601-1609. https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1601-1609

Sivagurunathan, A., Atwa, A.M., Lobetti, R. 2018. Prevalence of feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus infection in Malaysia: A retrospective study. JFMS Open Rep., 4(1): 1–5. https://doi.org/10.1177/2055116917752587

Spribler, F., Jongwattanapisan, P., Luengyosluechakul, S., Pusoonthornthum, R., Reese, S., Bergmann, M., Hartmann, K. 2022. Prevalence and risk factors of feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus infection in healthy cats in Thailand. Frontiers in Veterinary Science, 8, 1634. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.764217

Stavisky, J., Dean, R., Molloy, M. 2017. Prevalence of and risk factors for FIV and FeLV infection in two shelters in the United Kingdom (2011–2012). Veterinary Record, 181(17):451-451. https://doi.org/10.1136/vr.103857

Studer, N., Lutz, H., Saegerman, C., Gönczi, E., Meli, M. L., Boo, G., Hartmann, K., Hosie, M., Moestl, K., Tasker, S., Belák, S., Lloret, A., Boucraut-Baralon, C., Pennisi, M., Truyen, U., Frymus, T., Thiry, E., Marsilio, F., Addie, D., Hochleithner, M., Tkalec, F., Vizi, Z., Brunetti, A., Georgiev, B., Ludwig-Begall, L., Tschuor, F., Mooney, C., Eliasson, C., Orro, J., Johansen, H., Juuti, K., Krampl, I., Kovalenko, K., Šengaut, J., Sobral, C., Borska, P., Kovaríková, S., Hofmann-Lehmann, R. 2019. Pan-European study on the prevalence of the feline leukaemia virus infection–reported by the European Advisory Board on Cat Diseases (ABCD Europe). Viruses, 11(11):993. https://doi.org/10.3390/v11110993

Stuke, K., King, V., Southwick, K., Stoeva, M., Thomas, A., Teresa, M., Winkler, C. 2014. Efficacy of an

inactivated FeLV vaccine in minimum age cats following virulent FeLV challenge. Vaccine, 32: 2599-2603. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.03.016

Sykes, J. E., Hartmann, K. 2014. Feline leukemia virus infection. Canine and feline infectious diseases, 224. https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-0795-3.00022-3

Westman, M. E., Malik, R., Hall, E., Sheehy, P. A., & Norris, J. M. 2017. Comparison of three feline leukaemia virus (FeLV) point-of-care antigen test kits using blood and saliva. Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases, 50:88-96. https://doi.org/10.1016/j.cimid.2016.11.014

Westman, M., Norris, J., Malik, R., Hofmann-Lehmann, R., Harvey, A., McLuckie, A., Perkins, M., Schofield, D., Marcus, A., McDonald, M., Ward, M., Hall, E., Sheehy, P., Hosie, M. 2019. The diagnosis of feline leukaemia virus (FeLV) infection in owned and group-housed rescue cats in Australia. Viruses, 11(6)503. https://doi.org/10.3390/v11060503

Yasir, M., Majid, A., Aimen, U., Faheem, M., Ullah, I., Asif, M., Hussain, B., Khan, I.and Rustam, S. A. 2022. Seroprevalence of Feline Leukemia Virus in client owned cats in District, Faisalabad using FeLV antigen testing kits. Journal of Biologica Science, 1(1): 1-9.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

SISTEMA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DEL CERRO PUTZALAHUA, ECUADOR

SYSTEM OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDICATORS FOR THE CONSERVATION OF PUTZALAHUA HILL, ECUADOR

Manuel Patricio Clavijo Cevallos y Katy Vanessa Gutiérrez Toscano

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe. Latacunga – Ecuador

Email: manuel.clavijo@utc.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 12/03/2023

Aceptado: 05/06/2023

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 14(1):15-21

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.359

Resumen

La gestión inadecuada del medio ambiente en los páramos puede tener un impacto negativo en el uso eficiente de los recursos naturales. El objetivo de este estudio fue desarrollar un sistema de indicadores para evaluar la sostenibilidad ambiental como una herramienta para conservar el cerro Putzalahua. La metodología utilizada se basó en el método deductivo-inductivo, que permitió identificar la problemática ambiental y seleccionar los indicadores adecuados. Se complementó la información recopilada a través de visitas in situ y entrevistas no estructuradas con directivos del GAD parroquial y habitantes de las comunidades utilizando un muestreo no probabilístico. Para seleccionar los indicadores, se aplicó el método PER: Presión, para identificar las actividades humanas que generan cambios en el medio ambiente; Estado, para evaluar la situación actual del medio ambiente y sus recursos naturales; y respuesta, para identificar las acciones establecidas por el gobierno y las entidades competentes para abordar la problemática ambiental. Se identificaron actividades agrícolas, extracción de madera e impactos generados por las actividades turísticas como los principales factores de presión. Se establecieron 31 indicadores en función de 5 factores y se desarrollaron estrategias y actividades específicas para fortalecer y orientar la toma de decisiones correctas. En conclusión, el sistema de indicadores representa una herramienta valiosa para simplificar y sistematizar la información relacionada con la problemática ambiental, y puede ser utilizada para abordar diferentes aspectos que inciden en la conservación de los recursos naturales.

Palabras clave: biodiversidad, desarrollo sostenible, ecosistema, recursos naturales.

Abstract

Inadequate management of the environment in the paramos can have a negative impact on the efficient use of natural resources. The objective of this study was to develop a system of indicators to evaluate environmental sustainability as a tool to conserve Putzalahua Hill. The methodology used was based on the deductive-inductive method, which made it possible to identify the environmental problem and select the appropriate indicators. The information collected through on-site visits and unstructured interviews with directors of the GAD parish and inhabitants of the communities was complemented using a non-probabilistic sampling. To select the indicators, the PER method was applied: Pressure, to identify the human activities that generate changes in the environment; State, to assess the current situation of the environment and its natural resources; and response, to identify the actions established by the government and the competent entities to address the environmental problem. Agricultural activities, timber extraction and impacts generated by tourism activities were identified as the main pressure factors. 31 indicators were found based on 5 factors and specific strategies and activities were developed to strengthen and guide correct decision making. In conclusion, the indicators system represents a valuable tool to simplify and systematize the information related to environmental problems, and can be used to address different aspects that affect the conservation of natural resources.

Keywords: biodiversity, sustainable development, ecosystem, natural resources.

INTRODUCCIÓN

Según el aporte de Ruiz *et al*. (2022) los indicadores ambientales son muy útiles en cuanto al enfoque de sostenibilidad y su propósito se dirige hacia la evaluación del desempeño de los mismos. Estos a su vez son cuantificables en cuanto a los cambios que se pueden producir en el ambiente, su uso es aceptado y se emplean en la gestión ambiental. De acuerdo con Karis*, et al*., (2019), los indicadores sirven para mostrar el cumplimiento de un plan o política ya que está asociado a una estrategia dependiendo de la necesidad. Por ende, la importancia radica en la forma en que estos pueden ser empleados, de tal forma el sistema de indicadores en cuanto al cerro Putzalahua está direccionado a la conservación y cuidado de los recursos naturales del mismo, permitiendo contribuir a la preservación los recursos naturales de las futuras generaciones.

Cabe desatacar que los indicadores ambientales surgen como respuesta a la necesidad de evaluar la situación ambiental y como una herramienta que permita controlar y gestionar el estado de los recursos naturales (Calvo, 2021) ya que el aprovechamiento indiscriminado y sin una adecuada gestión ambiental, con el paso del tiempo compromete los recursos disponibles en una zona. En este caso el cerro Putzalahua es un ecosistema importante para la población de Belisario Quevedo debido a los múltiples beneficios proporcionados, entre ellos se puede mencionar el almacenamiento de carbono y la provisión de agua. Sin embargo, durante años se ha utilizado y se sigue utilizando este ecosistema para el desarrollo de actividades agrícolas, extracción de leña y otros recursos utilizados dentro de la construcción. Estas prácticas han llevado a la degradación progresiva de los páramos.

Es necesario generar indicadores ambientales que permitan sintetizar información con la finalidad de gestionar de manera óptima los recursos naturales y a su vez ser fuente de información para la toma de decisiones de los actores sociales, organizaciones y la población (INEC, 2013). Teniendo en cuenta que los indicadores ambientales se utilizan a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local, con diferentes fines, especialmente para servir como herramienta de información acerca del estado del medio ambiente, evaluar políticas ambientales y comunicar los progresos para el desarrollo sustentable estos a su vez permiten tomar decisiones enfocadas en un recurso que está siendo evaluado (Díaz, 2015; Oviedo, 2017).

La problemática ambiental actual a la que enfrentan los ecosistemas de páramo a nivel global, son el reflejo de los daños ambientales ocasionados por el desarrollo de las diferentes actividades del ser humano. Ha generado problemas ambientales como la sobreexplotación de los recursos naturales, contaminación de agua, aire y suelo, la sobrepoblación y la expansión de la frontera agrícola.

Por tal motivo a nivel regional y local, esto constituye un problema latente. El daño causado a la biodiversidad no solo afecta al hábitat o a un número de especies en específico sino más bien genera cambios entre especies y el medio ambiente, afectando la cadena trófica (Arias, 2017).

Es evidente que el cerro Putzalahua, como otras zonas del país, está siendo afectado por la deficiente planificación en el desarrollo de actividades antropogénicas. Dado los problemas ambientales que afectan a la zona de estudio debido a las diversas actividades humanas, se consideró necesario generar un sistema de indicadores para evaluar la sostenibilidad ambiental.

El objetivo de este sistema de indicadores es proporcionar una herramienta eficaz para evaluar los impactos ambientales de las actividades humanas en el cerro Putzalahua y diseñar estrategias de conservación y gestión adecuadas. Al considerar los diferentes factores de presión que afectan la zona, se seleccionaron 31 indicadores para evaluar el estado actual del medio ambiente y sus recursos naturales, y las respuestas del gobierno y las entidades competentes ante la problemática ambiental.

El sistema de indicadores desarrollado es una herramienta valiosa para evaluar y monitorear la sostenibilidad ambiental en la zona de estudio, y proporcionará información esencial para tomar decisiones informadas sobre la conservación y gestión de los recursos naturales.

Para el desarrollo del sistema de indicadores se aplicó el modelo PER mismo que permitió identificar de forma rápida las causas de las presiones (P), que determina el estado (E) y que acciones tomar (R) frente a los diferentes problemas que enfrenta el cerro Putzalahua. El enfoque PER se limita al segmento ambiental del Desarrollo Sostenible y tiene como objetivo principal crear un conjunto de indicadores que permitan reducir, de manera correcta, la realidad compleja para identificar prioridades de problemas medulares y soluciones adecuadas en el ámbito del ambiente. El enfoque Presión-Estado-Respuesta, está basado en la premisa de que las acciones humanas ejercen presión sobre el ambiente y cambian el estado de la calidad y cantidad de los recursos naturales.

La sociedad responde a estos cambios a través de la respuesta ambiental, económica y política. Basado en una lógica de causalidad determinística, asume que las actividades humanas ejercen una presión sobre el ambiente y afectan la calidad de sus elementos y la cantidad de sus recursos (estado); ante lo cual la sociedad responde a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales, así como cambios en la percepción y

comportamiento (respuesta social). El marco de referencia PER es ahora ampliamente usado, pero está continuamente en evolución. Uno de los mayores problemas ha sido tratar de diferenciar entre indicadores de presión y estado y la necesidad de expandir el marco de referencia para tratar más específicamente las necesidades de descripción del Desarrollo Sostenible (Quevedo, 2007).

Por otro lado, Ávila (2020) en su investigación considera necesario que para el desarrollo de indicadores se debe complementar la información con la elaboración de fichas metodológicas.

Según lo mencionado por Fernández y González (2022), los indicadores son instrumentos que continuamente deben ser mejorados y optimizados de acuerdo con la problemática ambiental identificada según los aspectos que inciden en el medio ambiente. A su vez Miranda *et al*. (2019) señalan que los indicadores ambientales representan un factor importante ya que orientan a la toma de decisiones a través de estrategias. Por consiguiente, en el presente estudio se desarrollaron estrategias y actividades para los 31 indicadores establecidos de acuerdo con los 5 factores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo desde marzo a agosto del 2022, periodo en el que se recopiló información relevante para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad ambiental, enfocados en la conservación del cerro Putzalahua, ubicado en la parroquia de Belisario Quevedo perteneciente al cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi (Figura 1).

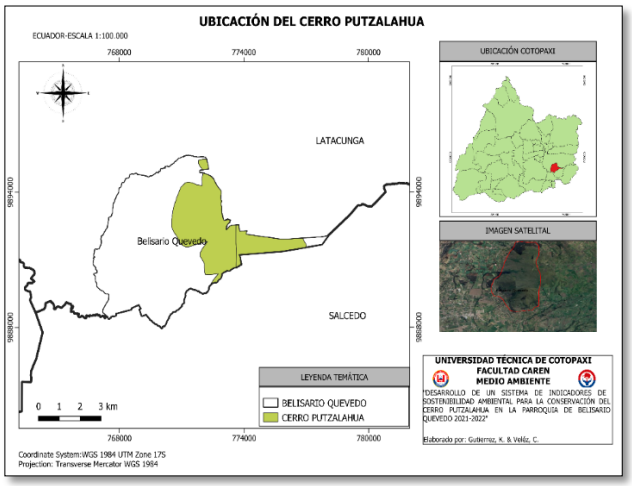


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio

Se realizaron visitas de campo, mismas que permitieron determinar los principales problemas que afectan de manera directa o indirecta a los recursos naturales de la zona de estudio.

Se diagnosticó la problemática que afecta a la conservación aplicando así el método deductivo-inductivo siguiendo un modelo de investigación cualitativa. Para ello se utilizó información de fuentes primarias (entrevistas a los moradores) y secundarias (documentos del GAD y otros organismos).

Para la recopilación de información relacionada a las actividades antropogénicas se dialogó con las personas de las comunidades del cerro Putzalahua y directivos del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo. La investigación se enfocó en 5 factores (agropecuario, agua, biodiversidad, suelo y turismo) y con base a ello se plateó los indicadores de sostenibilidad ambiental con sus respectivas estrategias y actividades que responden a la problemática de la zona de estudio.

Se consideró como población de estudio a 8 comunidades del cerro Putzalahua, así como sus actores sociales. Para la muestra se seleccionó a 5 directivos del GAD parroquial de Belisario Quevedo y 5 participantes de las comunidades de forma aleatoria a partir del muestreo no probabilístico, ya que este tipo de muestreo permitió llevar a cabo las entrevistas no estructuradas, considerando la accesibilidad y colaboración por parte de los directivos.

Además, se utilizaron las técnicas de recopilación de información de fuentes secundarias, observación directa y entrevistas no estructuradas con la muestra finalmente se realizó un diagnóstico y se abordó estrategias y actividades ante los 31 indicadores planteados. Para el desarrollo de los indicadores ambientales se aplicó el modelo de enfoque: Presión, Estado y Respuesta (PER).

De acuerdo con Reynaldo y Aguilera (2020), el modelo PER es uno de los modelos más utilizados en la actualidad, fue adoptado y difundido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), tomando como referencia el modelo de Presión- Respuesta que fue desarrollado por Friend y Raport en el año 1979. Se considera uno de los modelos más aceptados a nivel mundial debido a su facilidad de uso y ha sido la base para el desarrollo de otros modelos (Velásquez y D'Armas, M. 2013).

Para Tamayo (2020) los indicadores ambientales contribuyen en la planificación, control y supervisión. Es por eso que se considera una herramienta para lograr la sustentabilidad de las acciones planteadas dentro de los planes de desarrollo de las entidades u organismos.

De acuerdo con Vásquez y García (2020), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1998 mencionan que los indicadores de presión, hacen referencia a las actividades que generan la problemática en el medio ambiente, por otro lado, en cuanto ha estado muestra la situación actual del ambiente y respuesta son las políticas o acciones planteadas para hacer frente a la problemática identificada.

De esta manera sistemática se representa un marco conceptual apropiado para el plan de indicadores que además de mostrar una problemática en común, permite crear la efectividad de las acciones para regenerar el estado ambiental en referencia a la presión de la actividad antropogénica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, los principales problemas que afectan a la conservación ambiental del Cerro Putzalahua son: quema de pajonales, mala gestión de los desechos sólidos, incendios forestales y falta de políticas locales cuentan con un porcentaje del 100%, mientras que la contaminación del recurso hídrico y déficit de capacitación ambiental a moradores de la zona cuentan con un 80% de coincidencia, y los problemas con menor porcentaje de afectación son: sobrepastoreo con un 70%, monocultivos con 60%, y uso de agroquímicos y fertilizantes, uso de maquinaria agrícola con un 50% respectivamente (Figura 2).

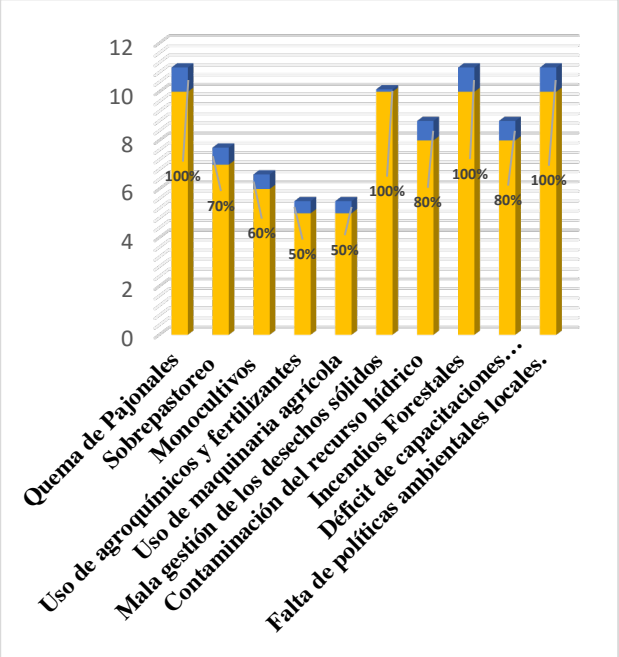


Figura 2. Problemas que Influyen en la Conservación del Cerro Putzalahua

Teniendo en cuenta lo descrito, se evidencia que el sistema de indicadores representa un instrumento de gestión que permite conocer el estado y los cambios que presentan los recursos naturales facilitando la toma de decisiones enfocadas en alcanzar la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

Considerando los precedentes ambientales por los que se ha visto afectado el sitio de estudio, se puede mencionar el avance de la frontera agropecuaria que afecta en gran parte a la zona noreste. Por otro lado, la pérdida de biodiversidad ha sido notoria a causa de incendios como los ocurridos en el año 2013, 2020 y 2021, siendo el del año 2020 el que ocasionó mayores pérdidas ambientales de acuerdo al SNGRE (2020) menciona que se consumió 89 hectáreas de los páramos con una duración de 4 días. Es por ello que este sistema nos permite sintetizar la información sobre la realidad de la problemática actual en la zona de estudio. De acuerdo a Heredia *et al*. (2021) la necesidad de generar ingresos económicos de una u otra forma ha generado el crecimiento continuo de la intervención del hombre dentro de este ecosistema, generando así que la intervención de las mismas ocasione día a día una alteración en el paisaje del mismo y por ende la pérdida de especies de flora y fauna. Cabe mencionar que la ubicación y la altitud del sitio de estudio lo convierten en un mirador natural. Propiciando así la visita de turistas locales y nacionales. Si bien el turismo genera ingresos para los habitantes de la parroquia, al no existir un buen manejo de las actividades turísticas que se desarrollan. Esto a su vez genera alteraciones en el ecosistema.

Hermida y Mante (2019) manifiesta que para analizar los indicadores que se ajustan a criterios de desarrollo ambiental, se debe considerar las actividades antrópicas que afectan directamente al páramo. En este caso son: factor agropecuario, agua, biodiversidad, suelo y turismo. Bajo estos cinco aspectos se planteó los indicadores.

Tomando en cuenta el aporte de Loor y Vera (2022) en su investigación mencionan que un sistema de indicadores propone un modelo que contribuya en la evaluación de la sostenibilidad o a su vez a la creación de nuevos indicadores. Se planteó estrategias y actividades de prevención, mitigación o remediación que parten de los indicadores con la finalidad de hacer frente a los problemas identificados. En los últimos años los indicadores ambientales de sostenibilidad se han convertido en un componente importante para la evaluación de impactos y para conocer el estado de los recursos naturales (Rosales *et al*. 2017). Contribuyendo de esta forma a reducir los impactos ambientales que generan las diferentes actividades humanas.

Dentro de los indicadores desarrollados por factores tenemos:

Indicadores agropecuarios

En cuanto a los indicadores ambientales la problemática que afronta el cerro Putzalahua en cuanto al factor agrícola está relacionado a las actividades agrícolas, la degradación del suelo, se evidencia una inadecuada gestión ambiental. En particular, el avance de la frontera agrícola, uso de fertilizantes y agroquímicos, incremento de demanda de madera y los problemas derivados de los mismos. En la zona de estudio se practica la ganadería de doble propósito (carne y leche), por lo que el sobrepastoreo es una constante (Cuadro 1).

Cuadro 1. Indicadores agropecuarios seleccionados

Per	Indicador	Factor
Presión	Extensión de la frontera agrícola	Agropecuario
	Uso de fertilizantes y agroquímicos	
	Incremento de la demanda de madera y derivados	
Estado	Deforestación	
	Sobrepastoreo	
	Capacidad de secuestro de carbono	
Respuesta	Inversión en capacitación	
	Uso de abonos orgánicos	

Indicadores del factor agua

Según los resultados obtenidos de los diálogos con las personas de las comunidades, la calidad del agua que se produce en páramo la convierte en la principal fuente de agua para las comunidades aledañas. Esta agua se utiliza principalmente para el consumo humano, la agricultura y el mantenimiento de los sistemas de agua. De tal forma se plantean los siguientes indicadores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Indicadores de agua seleccionados

Per	Indicador	Factor
Presión	Eficiencia del uso del agua en la agricultura	Agua
	Consumo de agua para agricultura per cápita	
Estado	Porcentaje de población con acceso de agua para riego	
	Porcentaje de incremento de área regada mediante riego por aspersión	
Respuesta	Capacitaciones manejo adecuado del recurso hídrico	

Indicadores de biodiversidad

La biodiversidad representa un elemento clave en cuanto a calidad ambiental del cerro Putzalahua, sin embargo, la intervención del hombre ha ocasionado que el ecosistema del páramo se encuentre afectado especialmente por: quema de pajonales, flora y fauna introducida provocando la extinción de especies y el cambio en la funcionalidad ecosistémica, indicadores planteados en el cuadro 3.

Cuadro 3. Indicadores de biodiversidad seleccionados

Per	Indicador	Factor
Presión	Número de especies de flora o fauna introducida	Biodiversidad
	Incendios Forestales	
Estado	Extinción de especies de flora y fauna	
	Cambio en la funcionalidad ecosistemática en áreas afectadas.	
Respuesta	Inversión en inventarios de biodiversidad	
	Capacitaciones	
	Porcentaje de superficie de páramo reforestado	
	Modificación paisajística	

Indicadores de suelo

El uso progresivo de agroquímicos y fertilizantes en zonas de cultivos, así como el avance de la frontera agrícola ha provocado que el suelo en la zona de estudio disminuya su calidad ocasionando problemas medio ambientales que a corto, mediano o largo plazo comprometa a este importante recurso (Cuadro 4).

Cuadro 4. Indicadores de suelo seleccionados

Per	Indicador	Factor
Presión	Tasa de deforestación	Suelo
	Avance de la frontera agrícola	
	Uso de agroquímicos y fertilizantes	
	Erosión hídrica	
Estado	Disminución de la calidad de suelo	
Respuesta	Porcentaje de áreas en proceso de degradación	
	Eficiencia del uso del suelo	

Indicadores de turismo

En la actualidad, el ingreso de visitantes ha ido en incremento debido a las actividades turísticas que se están desarrollando en la zona de estudio como: ciclismo, camping, caminatas, entre otras, siendo esta la principal problemática, ocasionando que la presencia del ser humano genere residuos que de una u otra forma afectan a la biodiversidad del sector (Cuadro 5).

Cuadro 5. Indicadores de turismo seleccionados

Per	Indicador	Factor
Presión	Generación de residuos	Turismo
Estado	Pérdida de biodiversidad	
Respuesta	Inversión en capacitaciones	
	Número de establecimientos turísticos que reciclan sus propios residuos.	

De acuerdo con el aporte de Seiler y Vianco (2018), en su investigación mencionan que los indicadores permiten evaluar los estados actuales y los cambios que a futuro se

pueden presentar con el fin de aportar a estudios que contribuyan al desarrollo sustentable. De tal forma los indicadores para la sostenibilidad ambiental del cerro Putzalahua están enfocados en contribuir a la comunidad y a los actores sociales involucrados.

Discusión

De acuerdo a Márquez *et al*. (2019) los indicadores permiten dar seguimiento a la optimización de los recursos naturales permitiendo a los diferentes actores sociales y comunidades ser gestoras de su propio cambio a través de iniciativas que conduzcan al desarrollo y la toma de decisiones de tal forma mediante los indicadores ambientales de sostenibilidad establecidos en la presente investigación de acuerdo a los cinco factores se propone estrategias y actividades que contribuyan a la conservación ambiental del cerro Putzalahua.

Conforme con el factor agropecuario con referencia a los resultados obtenidos la zona noreste presenta desarrollo de actividades ganaderas y agrícolas en gran proporción debido a la modificación del páramo, por lo tanto, se debe definir límites de labranza y promover la agricultura sostenible, teniendo en cuenta que el ser humano ha introducido plantas como animales para su aprovechamiento sin tener en cuenta el daño que estos ocasionan a la fauna y flora nativa. Además, el uso de fertilizantes y agroquímicos son utilizados de manera excesiva provocando el deterioro del suelo, y afectación a la salud de las personas por la manipulación de los agroquímicos sin el equipo de protección personal adecuado. De igual manera la población en general no tiene conocimiento sobre los problemas que puede generar la sobrecarga animal en un área determinada, por lo que se plantea actividades relacionadas a capacitaciones de pastoreo sostenible.

Por otro lado en lo que concierne al factor biodiversidad el cerro Putzalahua ha sido escenario de varios incendios provocados en gran parte por el ser humano ocasionando la extinción de especies de flora y fauna, además del uso descontrolado de los recursos naturales lo que ha ocasionado alteraciones en el ecosistema de páramos provocando que las especies endémicas migren o reduzcan sus poblaciones por lo que es necesario implementar capacitación y prevención en combate de incendios mediante talleres, simulacros y la restauración de ecosistemas afectados.

Mientras que en el factor suelo las actividades de aprovechamiento inadecuado de los recursos naturales ha ocasionado que el ser humano en su afán de generar mayores ingresos económicos deforeste zonas en pendiente y no realice una adecuada preparación del suelo para agricultura en laderas provocando que el suelo quede desnudo y por ende la lluvia influya de manera negativa en el mismo ocasionando cárcavas, de tal forma es necesario que se reforeste la zona con especies nativas en zonas propensas a erosión hídrica, así como el control de esta problemática con base en el aprovechamiento óptimo de zonas con pendiente.

En el factor turismo, la generación de residuos, es uno de los principales problemas identificados por lo que es necesario aplicar estrategias de gestión adecuada de desechos sólidos implementando actividades como: adquisición de tachos ecológicos, campañas sobre el uso de envases ecológicos para evitar la generación de desechos plásticos por parte de turistas y pago por servicio ecosistémico. Además, se propone que los establecimientos turísticos reciclen sus residuos, con la finalidad de aprovechar los mismos y promover un ambiente libre de plásticos.

Cabe mencionar que, en el factor agua en cuanto a la eficiencia del uso del agua en la agricultura, se propone el manejo óptimo del agua en dichas actividades estableciendo capacitaciones enfocadas en el aprovechamiento y manejo adecuado del agua en las actividades agrícolas que se desarrollan en la zona, puesto que el agua es un recurso muy importante e indispensable en la agricultura y por ende debe ser usada de manera eficiente, ya que en ocasiones la falta de control hace que este recurso sea desperdiciado.

CONCLUSIONES

Se identificó los principales problemas que afectan a la conservación de los recursos naturales del cerro Putzalahua entre los que se evidenció se puede mencionar el avance de la frontera agropecuaria, deforestación, la alteración en las funciones ecosistémicas, los impactos generados por las actividades turísticas y la disminución de la calidad del suelo. Esto debido a la sobreexplotación de los recursos naturales para el desarrollo de actividades humanas en la zona de estudio relacionado especialmente porque no hay políticas claras sobre la conservación de las zonas de páramo.

A partir de la problemática identificada se determinó 5 factores principales a los que están vinculados los problemas que afectan a los recursos naturales: agropecuario, agua, biodiversidad, suelo y turismo con base en los mismos se desarrolló los indicadores, mismos que están encaminados y direccionados a la conservación ambiental de la zona de además estos permitirán contribuir en la toma de decisiones oportunas a corto, medio y largo plazo por parte de los actores sociales de la parroquia, así como de la población en general que está vinculada con el cerro Putzalahua una vez que estos sean aplicados.

Es necesario que las entidades gubernamentales contribuyan a la conservación del cerro Putzalahua a través de la implementación de indicadores, a su vez estrategias y actividades derivadas de los mismos con la finalidad de que estos permitan conocer el estado actual de los recursos naturales y de tal forma se impulse políticas enfocadas en un desarrollo sostenible.

LITERATURA CITADA

Arias, M. 2017. Determinación de indicadores ambientales relacionados con el nivel de la biodiversidad para la sostenibilidad urbano del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Tesis Ingeniería en Ecoturismo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. p 5.

Ávila, P. 2020. Selección de indicadores ambientales para evaluar el desempeño ambiental de las buenas prácticas ambientales en la Universidad de Cuenca y su evaluación financiera. Tesis Ingeniería ambiental. Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador. p 19.

Calvo, D. 2021. Análisis de la evolución del uso del suelo mediante un indicador ambiental basado en técnicas GIS. Aplicación en vertederos de residuos sólidos urbanos de la Comunidad Valenciana. Tesis Máster en Ingeniería Hidráulica y medio ambiente, Universidad Politécnica de Valencia. España. p 9.

Díaz, P. 2015. Desarrollo de un sistema de indicadores de desarrollo ambiental para la conservación del páramo de la comunidad de San José de Tambo Tablón, Provincia del Napo. Tesis Magister en Gestión Ambiental en la Industria. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador. p 41.

Fernández, S. y González, S. 2022. Indicadores para la gestión de impactos ambientales en la etapa de explotación de las presas. Revista Scielo 43(1) 79-91.

Heredia, R., Villamil, D., Banda, M. 2021. Estudio de interpretación patrimonial del Cerro Putzalahua. Revista Polo del Conocimiento. 6(2): 277-294. DOI: https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2850

Hermida, M., Mante, M. 2019. Los indicadores ambientales para la medición del desarrollo sostenible de Tierra del Fuego. Revista Dialnet. 11(1):1-27.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2013. Documento metodológico del sistema integrado de estadísticas ambientales (SIEA). p 14.

Loor, K. y Vera, G. 2022. Sistema de indicadores para la sostenibilidad del sector turístico del cantón Portoviejo en el contexto del COVID-19. Tesis. Ingeniería en Turismo. a Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Manabí- Ecuador. p 8.

Karis, C., Mujica, C. y Ferraro, R. 2019. Indicadores ambientales y gestión urbana. Relaciones entre servicios ecosistémicos urbanos y sustentabilidad. Revista Scielo. 27(27):9-30.

Márquez, L., Vasallos, Y., Cuétara, L. y Sablón N. 2019. Sistema de indicadores para la sostenibilidad en comunidades rurales del Ecuador en el marco de la Agenda 21 Local. Revista Espacios. 40 (18):18.

Miranda R., Reyes, S., Gómez, G. y Goicochea, O. 2019. Metodología para la realización de un diagnóstico de la gestión de indicadores ambientales en la administración pública. Revista Scielo. 37 (1):71-87.

Oviedo, M., 2017. Propuesta para indicadores ambientales para humedales altoandinos: humedales de Tibanica. Tesis. Magister en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, D.C. p 19.

Quevedo, Y. 2007. Indicadores ambientales PER para el desarrollo sostenible. Recuperado de https://www.gestiopolis.com/indicadores-ambientales-per-para-el-desarrollo-sostenible/

Reinaldo, C y Aguilera, R. 2020. Indicadores de desempeño ambiental en la extracción de recursos no renovables. Revista Ecociencia, 7(1).

Rosales, R., Ruiz, J. y Vergara, D. 2017. Indicadores de sustentabilidad para lechería especializada: Una revisión. Livestock Research for Rural Development. 29 (1).

Ruiz, L., García, D. y Preciado, F. 2022. Indicadores ambientales en una universidad pública del Ecuador. Revista Varela. 22(61):49-56.

Seiler, R. y Vianco, A. 2017. Metodología para la generar indicadores de sustentabilidad de sistemas productivos. Universidad de Río Cuarto. Argentina.

SNGRE (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias) 2020. Entidades de respuesta logran controlar incendio en cerro Putzalahua. Informe N° 013. p 3.

Vásquez, R. y García, R. 2020. Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlan, Jalisco, México. Revista Scielo. 27(53-1):1-26. DOI: https://doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA EN CONEJAS, EMPLEANDO LA FUNCIÓN BETA MODIFICADA

DETERMINATION OF THE LACTATION CURVE IN RABBITS, USING THE MODIFIED BETA FUNCTION

Benjamín Gómez Ramos[1], Isaías de Jesús Maldonado[1], Rafael María Román Bravo[2], Rogelio Garcidueñas Piña[3], José Atilio Aranguren Méndez[2]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Morelia, Michoacán, México
[2]Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, estado Zulia, República Bolivariana de Venezuela
[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán México

Email: rafael.roman@fcv.luz.edu.ve

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
01/04/2023

Aceptado:
05/06/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
14(1):22-30

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.360

Resumen

El propósito de esta investigación fue caracterizar la curva de lactancia en conejas; aspecto importante para ajustar las raciones y obtener máximo rendimiento en los sistemas de producción. Se usó una función beta modificada, con estimadores de: altura ($\varkappa$), ascenso (α) y descenso (β) de 374,60 ± 10,271; 0,5616 ± 0,015 y 0,4369 ± 0,014 respectivamente. El día de máxima producción (DMP) y la producción máxima (PM) de la curva promedio se logró a los 16,78 d con volumen de 189,01 $g.d^{-1}$. Los estimadores de los parámetros, así como, DMP y la PM de las lactancias individuales, fueron analizadas usando el modelo mixto con medidas repetidas, que incluyó los efectos fijos: genotipo (G), número de partos (P) y tamaño de la camada (C), y el efecto aleatorio del animal anidado dentro de genotipo A(G). Para $\varkappa$ se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), incrementando su valor con el del tamaño de la camada. En α solo se detectaron diferencias significativas en P con el valor del parámetro más alto en las primíparas ($p \leq 0,05$). El parámetro β solo fue afectado por C. El DMP y PM, fueron afectados ($p \leq 0,05$) por P y C. La PM fue mayor en conejas multíparas y aumentó con C ($p \leq 0,05$). La función beta modificada describe adecuadamente la curva de lactancia de las conejas.

Palabras clave: Estimación, parámetros, repetibilidad, no lineal

Abstract

The purpose of this research was to characterize the lactation curve in rabbits; important aspect to adjust rations and obtain maximum performance in production systems. A modified beta function was used, with estimators of: height ($\varkappa$), ascent (α) and descent (β) of 374.60 ± 10.271; 0.5616 ± 0.015 and 0.4369 ± 0.014 respectively. The day of maximum production (DMP) and the maximum production (PM) of the average curve was achieved at 16.78 d with a volume of 189.01 $g.d^{-1}$. Parameter estimators, as well as DMP and PM of individual lactations, were analyzed using the mixed model with repeated measures, which included the fixed effects: genotype (G), number of parity (P) litter size. (C), and the random effect of the animal nested within genotype A(G). For $\varkappa$, significant differences were found ($p \leq 0.05$), increasing its value with the size of the litter. In α, significant differences were only detected in P with the highest parameter value in primiparous females ($p \leq 0.05$). The β parameter was only affected by C. The DMP and PM were affected ($p \leq 0.05$) by P and C. The PM was higher in multiparous rabbits and increased with C ($p \leq 0.05$). The modified beta function adequately describes the lactation curve of rabbits.

Keywords: Estimation, parameters, repeatability, nonlinear.

INTRODUCCIÓN

La producción cunícola en México no ha alcanzado su potencial, tanto a nivel intensivo como extensivo, a pesar de los esfuerzos realizados por el gobierno y el sector privado para impulsarla a través de la distribución de paquetes familiares; actualmente, la producción de carne de conejo es incipiente, llegando a 15000 toneladas al año, y el consumo promedio per cápita es de apenas 182 gramos al año (Gómez, 2006).

Esta especie tiene importancia significativa en México, no solo por la producción de carne para el consumo humano, sino también como alternativa para el desarrollo rural y suburbano, especialmente en áreas cercanas a grandes centros de consumo con alta densidad poblacional (Gómez *et al*., 2011). A pesar de esto, se ha desaprovechado las oportunidades biológicas, económicas y técnicas que ofrece esta especie, como: su tamaño, bajo requerimiento de espacio, alimentación rica en fibra, alta eficiencia alimentaria, alta prolificidad, corto ciclo reproductivo y amplia diversidad genética (Gómez *et al*., 2011).

La curva de lactancia resume en forma concisa los patrones de producción de leche, determinados por la eficiencia biológica en mamíferos, ya que de ella dependen los ingresos de aquellas granjas que tienen a la producción de leche como una actividad económica primaria. Así mismo, los parámetros estimados a partir de los registros de producción pueden ser empleados para predecir la producción de leche de los individuos o de una población con el propósito de establecer programas de mejoramiento genético (Quintero *et al*., 2007).

En las especies con vocación cárnica, el crecimiento inicial está determinado por la habilidad materna de la hembra, y está, a su vez, determinada fundamentalmente por el nivel de producción láctea (Gómez *et al*., 2008). Por esta razón se han hecho considerables investigaciones con la finalidad de ajustar las curvas de lactancia, usando por lo general polinomios de bajo grado, que, si bien permiten describir la trayectoria, los parámetros no tienen interpretación biológica (Quintero *et al*., 2007). En otros casos, se ha recurrido al análisis de regresión con segmentos de recta en diferentes fases de la lactancia con la finalidad de obtener mejor ajuste debido a los cambios en la forma de la curva, de naturaleza fisiológica (Sánchez *et al*., 2000).

En particular, en el caso de las conejas, se ha utilizado modelos no lineales que además de describir adecuadamente la curva de la lactancia, tienen la ventaja de la interpretación biológica de los parámetros (Casado *et al*., 2006). Debido a esto, la función beta modificada, adecuándola al rango de valores en el intervalo continuo [0 - 1], ha sido usada exitosamente en conejas y tiene parámetros que corresponden a la altura, ascenso y descenso de la curva (Casado *et al*., 2006) los cuales permiten obtener analíticamente el máximo de producción y el tiempo en alcanzar el mismo.

La lactancia es un proceso biológico complejo y sujeto a influencias, tanto genéticas como ambientales (Quintero *et al*., 2007). Al respecto, se deben separar de los parámetros del modelo las influencias de los factores genéticos, fisiológicos, ambientales e interacciones (Batra, 1986, Sherchand *et al*., 1995). Por consiguiente, el modelo adecuado es aquel que permita predecir la producción máxima y el lapso requerido para que ella ocurra.

Por lo expuesto anteriormente, se realizó este experimento con el objetivo de caracterizar la curva de lactancia de conejas Nueva Zelanda Blanco, California y sus cruzas recíprocas usando la función beta modificada

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en la granja cunícola comercial "El Tejocote", ubicada a 19° 27' LN y 98° 53' LO, en el estado de México a una altitud de 2240 m, con una temperatura y precipitación promedio anual de 15° C y 645 mm respectivamente.

La base de datos incluyó las mediciones de producción de leche (PL) realizadas en 179 lactancias provenientes de 99 conejas utilizadas en un experimento de cruzamiento de hembras Nueva Zelanda Blanca (NZB), California (CAL), y las F_1 (NZB x CAL) y su recíproco (CAL x NZB) cruzadas con machos NZB y CAL, con el plan de apareamientos diseñado de manera que permitiera obtener registros de la producción láctea (PL) durante la misma época del año (Gómez *et al*., 2008).

La PL fue estimada por la diferencia entre el pesaje de las camadas antes y después del amamantamiento (Lukefahr *et al*., 1983, McNitt y Lukefahr, 1990). Se realizó en promedio ocho mediciones por animal en el periodo comprendido entre el 1er y 25^{avo} día de lactancia, a intervalos de tres o cuatro días entre las mediciones. Detalles sobre el manejo general, reproductivo y alimenticio pueden ser encontrados en investigaciones previas (Gómez *et al*., 2005, 2008, 2010).

El modelo matemático correspondió a una función beta modificada, debido a que esta función está definida en el intervalo 0 – 1 y que la duración de la lactancia por lo general oscila entre 25 y 30 días (Casado *et al*., 2006). De esta manera dicha función queda definida en la ecuación (1) como:

$$y_i = k\left[\left(\frac{t_i}{30}\right)^{\alpha}\left(1-\left(\frac{t_i}{30}\right)\right)^{\beta}\right] \qquad (1)$$

Donde:
y_i = Producción láctea de la coneja en el i^{mo} día.

k= Parámetro que regula la altura de la curva de la lactancia.
α = Parámetro que regula el ascenso de la curva.
β= Parámetro que regula el descenso de la curva.
t = Días de lactancia.

El procedimiento de regresión no lineal (PROC NLIN) del sistema de análisis estadístico SAS, (2011a), fue usado con el propósito de caracterizar el comportamiento de los parámetros que describen la curva de lactancia. Esta función fue ajustada a cada una de las lactancias, en cada una de las camadas. Los estimadores de los parámetros antes señalados fueron almacenados en el archivo de datos para ser concatenado con el archivo que contenía los datos originales con el objetivo de realizar la inferencia estadística en relación a los efectos fijos incluidos en análisis posteriores. Se eligió la opción para usar el método Newton-Raphson y la opción libre de derivadas, estableciéndose el criterio de convergencia en $1x10^{-8}$.

Con los valores de los parámetros estimados, se determinó el día de máxima producción (DMP) para cada lactancia, estimado como $30(\alpha/(\alpha+\beta))$, así como la producción máxima (PM) (Casado *et al*., 2004).

Sobre los parámetros estimados, el DPM y la PM se ajustó el modelo lineal mixto correspondiente a medidas repetidas en el tiempo. Estos análisis fueron realizados con el procedimiento para modelos mixtos del SAS, PROC MIXED (SAS, 2011b), bajo la metodología de máxima verosimilitud restringida (REML) para la estimación de los componentes de varianza de los efectos aleatorios.

El modelo matemático en forma explícita se describe en la ecuación (2):

$$y_{ijkl} = \mu + g_i + a(g)_{j(i)} + P_k + C_l + \varepsilon_{ijkl} \qquad (2)$$

Donde:
y_{ijkl}=Producción de leche de la j-ésima coneja, perteneciente al i-ésimo genotipo, en el k-ésimo parto y para el l-ésimo tamaño de la camada.
μ=Constante común a todas las observaciones
g_i =Efecto del i-ésimo genotipo
$a(g)_{j(i)}$ = Efecto de la j-ésima coneja, anidado dentro del i-ésimo genotipo
P_k = Efecto del k-ésimo nivel de parto
C_l = Efecto del l-ésimo tamaño de camada
ε_{ijkl} = Efecto de los factores no controlados en el experimento sobre la j-ésima coneja, perteneciente al i-ésimo genotipo, correspondiente al k-ésimo parto y al l-ésimo tamaño de la camada.
Los términos $a(g)_{j(i)}$ y ε_{ijkl} se consideran variables aleatorias normal e independientemente distribuidos con media cero y varianzas $\sigma^2_{a(g)}$ y σ^2_e, respectivamente.

Las comparaciones entre las medias de los efectos que resultaron significativos al análisis de varianza, se efectuaron por pruebas de "t", con la sentencia LSMEANS, SAS (2011b).

En el factor de las medidas repetidas en el tiempo, es decir dentro de lactancia, se asumió igual correlación entre las mediciones provenientes del mismo animal, la cual es referida como simetría compuesta (Littell *et al*., 2006). De esta forma, teniendo los estimadores de los componentes de varianza entre y dentro de animales, fue posible estimar la correlación intraclase "t" entre las mediciones del mismo animal, como la razón del componente de varianza entre animales sobre la varianza total, esta última siendo la suma de los componentes entre y dentro de individuos (Falconer y MacKay, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento promedio de la curva de lactancia

La relación entre DL y PL, que caracteriza la curva promedio para este experimento se presenta en la ecuación (3). El estimador del parámetro que regula la altura de la curva fue de k = 374,60 $\pm$ 10,271, la pendiente de ascenso fue α = 0,5616 $\pm$ 0,015 y la de descenso β =0,4369 $\pm$ 0,014. Con estos parámetros estimados de la PL, el inicio de la lactancia fue de 54,66 $g.d^{-1}$, la cual se incrementó alcanzando el máximo de producción a los 17 días posparto con 189,00 $g.d^{-1}$. En la figura 1 se observa la tendencia de las predicciones desde el día 1 hasta el día 25 (línea continua con círculos claros). Se ha sobrepuesto así mismo los valores medios observados en cada día de lactancia (círculos negros). Además, la curva estimada describe la trayectoria de las medias observadas con la apariencia de una parábola convexa; sin embargo, subestima el valor inicial, y la tendencia es una ligera sobrestimación en la fase de los días 2 al 15 de la lactancia: subestima en el periodo 16 a 19, para nuevamente sobreestimar la PL del día 20 a 25; pero, el error de estimación fue inferior al 10 % en la mayoría de los puntos en el rango de exploración de la curva de lactancia. Los estimadores de los parámetros de la función beta fueron: 20,32; 12,93 y 15,08 % superiores a los reportados por Casado *et al*. (2004), las diferencias pueden deberse al material genético usado, ellos trabajaron con la F_1 de dos líneas divergentes de las razas CAL y NZB, en tanto que en el presente estudio se incluyen las líneas puras de ambas razas y la de los cruzamientos recíprocos; estos autores compararon cuatro funciones todas ellas describieron adecuadamente la curva de lactancia en el área de exploración de la duración de la lactancia, explicando todas más del 97 % de la variabilidad total en PL, pero la función beta además de presentar el menor cuadrado medio del error, tiene la ventaja como se ha

señalado anteriormente de que sus parámetros tienen interpretación biológica.

$$y_i = 374{,}60\left[\left(\frac{t_i}{30}\right)^{0{,}5616}\left(1-\left(\frac{t_i}{30}\right)\right)^{0{,}4369}\right] \qquad (3)$$

El procedimiento de estimación usado en esta investigación es laborioso, por cuanto se ajustó a cada lactancia individual la función beta y posteriormente se realizó el análisis de varianza (Vaccaro *et al.,* 1999; Casado *et al.,* 2004, 2006) debido a la imposibilidad de incluir efectos fijos y aleatorios en el PROC NLIN. En el caso de esta especie por lo corto de la DL, este procedimiento pudiera ser simplificado por cuanto desde el punto de vista de la duración de la lactancia, con mediciones cada tercer día, el número de observaciones es bajo y sugiere que en el proceso de estimación se pueda simplificar usando el modelo de medidas repetidas, incluyendo las interacciones de los efectos del modelo con el factor tiempo y posteriormente estimar los parámetros de la función beta, usando el PROC NLIN haciendo el análisis sobre las medias, procedimiento usado en la evaluación del crecimiento de pollos en condiciones de traspatio en la tierra caliente de Michoacán (Hernández *et al.,* 2023).

Un aspecto relevante en esta investigación es la convergencia del PROC NLIN en el 100 % de las lactancias, esto sugiere el compromiso con la determinación del número óptimo de unidades experimentales en la investigación acorde con los recursos de tal modo que no comprometan la eficiencia al realizar las mediciones, por lo laborioso que resultan.

Se han ajustado diversos modelos a las curvas de lactancia (Casado *et al.,* 2004, 2006), incluido el modelo lineal ajustando un polinomio de segundo orden (Gómez *et al.,* 2008) usando una ecuación cuadrática según la cual el valor inicial fue de solo 35 $g.d^{-1}$, alcanzando el máximo a los 19 días con una predicción para el pico de producción de solo 160 $g.d^{-1}$. Otra alternativa para la caracterización de la curva de lactancia es la evaluación de la interacción de los días de lactancia con diferentes factores de interés y hacer comparaciones múltiples entre las medias ajustadas, así por ejemplo, D'Amico, (2016), caracteriza la curva de lactancia de conejas F_2 de la cruza de líneas divergentes seleccionadas por prolificidad, en el periodo de 1 a 25 días, obteniendo el máximo a los 15 días con promedio de 199,0 $g.d^{-1}$; en efecto desde el punto de vista estadístico es más ventajoso resumir la lactancia con una ecuación de predicción, como la obtenida en esta investigación, en lugar de trabajar con las medias y comparaciones múltiples.

En el cuadro 1 se presentan los valores de los parámetros de inicio, ascenso y descenso con sus respectivos errores típicos para cada los genotipos NZB, CAL, NZB x CAL y CAL x NZB, el análisis de la varianza no mostró diferencias significativas para este efecto ($p > 0{,}05$), tal como se aprecia en la figura 2 las líneas que identifican las predicciones de la PL de cada genotipo están muy próximas entre sí, especialmente en los primeros dos tercios de la lactancia. En este sentido, Casado *et al.* (2006), no encontraron diferencias significativas entre los dos genotipos estudiados por ellos, lo cual se atribuye a que las camadas fueron estandarizadas.

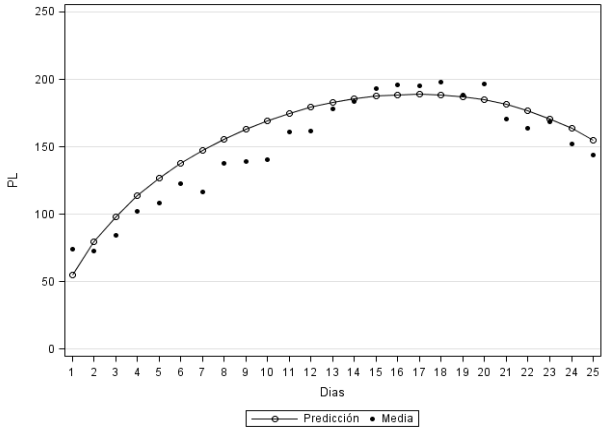


Figura 1. Relación entre los dias de lactancia y la producción láctea en conejas.

Los estimadores de los parámetros de la curva discriminados de acuerdo al número de partos, se presentan en el cuadro 2; en el parámetro que regula la altura de la curva no se observó diferencias entre primíparas y multíparas ($p > 0{,}05$); en la pendiente de aumento hubo diferencias significativas ($p \leq 0{,}05$) y la pendiente de descenso fue idéntica para los dos grupos ($p > 0{,}05$). La trayectoria de las curvas se describe en la figura 3, donde se ilustra el comportamiento de la PL de acuerdo al número de partos, las hembras multíparas superan (línea superior) a las primíparas (línea inferior) a lo largo de la lactancia con la tendencia a igualarse hacia el final de la misma. La PL de las conejas tiene una relación curvilínea con el número ordinal del parto (Khalil, 1994), diferencias en las curvas de conejas multíparas y primíparas fueron reportadas por Casado *et al.* (2006) quienes tuvieron en su experimento animales con cinco ciclos reproductivos, donde se destaca el incremento de la PL de las conejas hasta el tercer ciclo reproductivo y a partir de ahí se mantiene, mientras que en la presente investigación las hembras eran jóvenes y el número máximo de pariciones fue de tres. Otros autores han sugerido que la producción de leche se incrementa hasta la séptima lactación (McNitt y Lukefahr, 1990); sin embargo, esto puede ser atribuido al proceso de selección de las mejores hembras por parámetros reproductivos, Maertens *et al.* (2006). El incremento en la producción de leche es una respuesta al mayor peso de las hembras multíparas y mayor capacidad de consumo de alimento. Además, las hembras primíparas no han alcanzado su peso

adulto y tienen demandas de nutrientes para la lactancia, para una posible gestación.

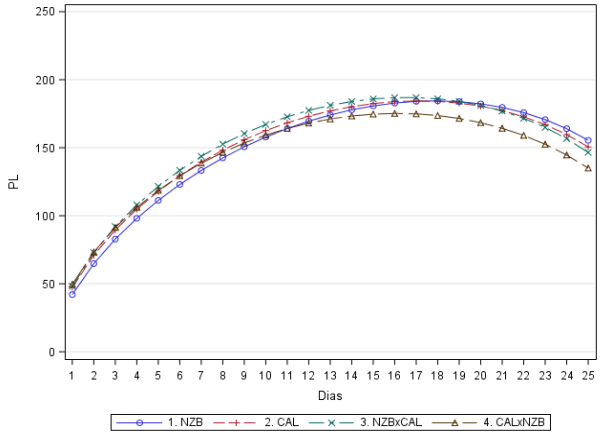


Figura 2. Relación entre los dias de lactancia y la producción láctea en conejas para los cuatro genotipos.

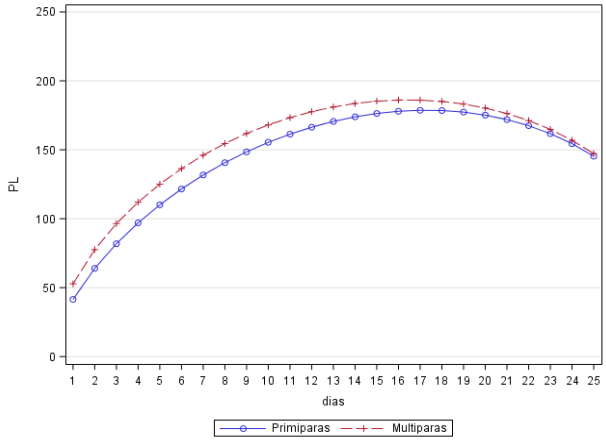


Figura 3. Relación entre los dias de lactancia y la producción láctea en conejas según número de partos.

Las medias ± errores típicos para el tamaño de la camada se presentan en el cuadro 3. El tamaño de la camada afectó significativamente el inicio de la lactancia para las camadas pequeñas, medias y grandes ($p \leq 0{,}05$), la pendiente de descenso fue idéntica en los tres grupos ($p > 0{,}05$), el parámetro de descenso de las camadas grandes fue diferente a las otras dos ($p < 0{,}05$). La relación entre PL y DL según el tamaño de la camada se ilustra en la figura 4, la producción máxima fue de: 154,04; 188,88 y 202,60 g.d^{-1}, para las camadas pequeñas, medias y grandes respectivamente, producción de leche que se alcanzó a los 18 días en las camadas pequeñas y medianas y a los 16 días en las camadas grandes. Esto puede ser apreciado en la figura 4 en donde se puede observar que las predicciones de las camadas numerosas están por encima de las correspondientes a las medianas y pequeñas; esto ha sido reportado recientemente por D'Amico (2016) quien encontró una media de 124 g.d^{-1} en camadas de cinco gazapos contra 170 g.d^{-1} en camadas con 10 gazapos.

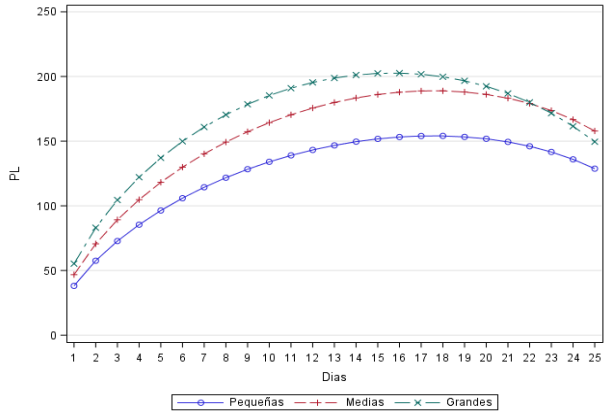


Figura 4. Relación entre los dias de lactancia y la producción láctea en conejas según el tamaño de la camada.

Plasencia *et al*. (2010), publicaron que la producción de leche se incrementó 36 % entre el tercer y cuarto día de lactancia, al pasar de 53 a 73 g.d^{-1}, este incremento fue menor en la segunda semana de lactancia en donde el aumento fue de 77 a 101 g.d^{-1}, del noveno al décimo día de lactación y ya para la tercera semana de producción se mantuvo en 135 g.d^{-1}, finalmente en la cuarta semana disminuyó 11 % al pasar de 142 a 126 g.d^{-1}.

Cuadro 1. Estimadores de los parámetros ± errores típicos de la función beta modificada discriminados por genotipos

		Estimador del parámetro					
		k		α		β	
Gen.	n	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$
1	43	382,50	25,47	0,6445	0,03	0,4397	0,04
2	48	382,77	24,31	0,6101	0,03	0,4587	0,04
3	37	405,80	27,54	0,6212	0,03	0,5063	0,04
4	51	373,43	22,53	0,5882	0,02	0,5078	0,03

1: CAL X CAL., 2: NZB X NZB., 3: NZN X CAL., 4: CAL X NZB

Cuadro 2. Estimadores de los parámetros ± errores típicos de la función beta modificada discriminadas por número de parto

		Estimador del parámetro					
		k		α		β	
NP	n	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$
1	61	375,53[a]	20,15	0,6516[a]	0,02	0,4573[a]	0,03
2	118	396,72[a]	15,02	0,5804[b]	0,01	0,4989[a]	0,02

[a,b]Medias con diferentes superíndice en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0{,}05$)

Cuadro 3. Estimadores de los parámetros ± errores típicos de la función beta modificada discriminados por el tamaño de la camada

		Estimador del parámetro					
		k		α		β	
TC	n	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$
1	31	314,65[a]	23,46	0,6317[a]	0,03	0,4234[a]	0,04
2	119	385,82[b]	14,35	0,6049[a]	0,01	0,4488[a]	0,02
3	29	457,90[c]	29,12	0,6114[a]	0,03	0,5619[b]	0,04

[a,b]Medias con diferentes superíndice en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0{,}05$)

Día de máxima producción y producción máxima

De la ecuación (3) se puede determinar el máximo en 189,01 g.d^{-1}, considerablemente inferior a los valores cercanos a los 250 g.d^{-1} publicados previamente (Lebas 1968, Sánchez *et al.,* 1985, Fraga *et al*., 1989); pero solo ligeramente superior a los 185 g.d^{-1} reportado por McNitt y Lukefahr (1990) y considerablemente inferior al valor de 120 g.d^{-1} publicado para las razas Chinchilla Soviético, y Gigante Gris (Singh, 1996). Varios factores pueden ser responsables de estas diferencias entre ellos la raza, y el manejo de la alimentación. El pico de producción en este experimento se logró en promedio a los 16,87 días de lactancia en acuerdo con Fraga *et al*. (1989), otros autores han publicados valores de 18 días (Sánchez *et al.,* 1985) y hasta los 21 días (Singh, 1996).

Las medias ± errores típicos para la PM y el DMP para las razas puras y sus cruces recíprocos se presentan en el cuadro 4, no hubo evidencia de diferencias significativas entre genotipos ($p > 0,05$) y en consecuencia no hay evidencia de heterosis para estas características en este experimento. Casado *et al*. (2006), tampoco observaron diferencias entre los genotipos sintéticos usados en su investigación, mostrando ambos grupos curvas de lactancia muy similares, aunque uno de ellos mostró una ligera mayor producción de leche a las dos semanas de lactación.

Las medias de DMP y PM para el número de partos, se presentan en el cuadro 5. Las conejas multíparas alcanzaron el máximo de producción más rápidamente que las primíparas ($p \leq 0,05$), se puede apreciar una ventaja de las multíparas sobre las primíparas de 8,86 %; asimismo se observa una diferencia en volumen de leche el día del máximo de producción, de 11,72 g.d^{-1}. Se encontró que las hembras multíparas tuvieron una persistencia mayor que las primíparas ($p \leq 0,05$). Casado *et al*. (2006), observaron que la producción de leche se ve claramente afectada en las hembras multíparas cuando se encuentran lactando-gestando cuando tienen ritmos de producción intensivos. Gómez *et al*. (2008), encontraron que la producción de leche no se afectó ($p > 0,05$) por el número de parto. Debido a que las conejas no habían alcanzado totalmente su madurez, pues solo se incluyó la información de PL de hembras con máximo de tres partos. Plasencia *et al*. (2010), observaron en conejas multíparas el pico de producción de 167 g a los 17 días de lactación.

En el cuadro 6 se presentan las medias ± errores típicos para DMP y PM según el tamaño de la camada, se detectó efecto significativo ($p \leq 0,05$) de este factor y las hembras con camadas numerosas alcanzaron su máximo más rápidamente que las intermedias y las pequeñas, no detectándose diferencias entre las últimas. En referencia al volumen de producción las conejas con camadas intermedias superaron a las camadas pequeñas por 34,59 g.d^{-1}, ventaja que se redujo en 14,74 g.d^{-1} al comparar el máximo de las camadas grandes con las intermedias.

Gómez *et al*. (2008) observaron que la relación entre el TC y PL mostró que a medida que se incrementa el TC aumenta la PL en forma creciente ($p \leq 0,01$) con máximo de producción de 112 g.d^{-1}, con 7 gazapos. Singh (1996), estimó una correlación altamente significativa ($p \leq 0,01$) entre el TC y PL de 0,44. McNitt y Lukefahr (1990) estimaron que la PL aumenta cuando el TC se incrementa, alcanzando la máxima PL de 220 g.d^{-1} con 12 gazapos. Mohamed y Szendrô (1992) reportaron incremento de 5,5 % en la PL cuando el TC se incrementó de 6 a 10 gazapos. Szendrô (2000), Szendrô y Maertens (2001) indicaron que la PL de la coneja está relacionada positivamente con el TC y negativamente con la cantidad de leche disponible por gazapo, ya que gazapos criados en camadas grandes tienen acceso a una menor cantidad de leche, lo cual conduce a una reducción en la ganancia individual pre-destete. Plasencia *et al*. (2010), determinaron efecto significativo ($p \leq 0,05$) del tamaño de camada sobre la curva de lactancia.

Con tamaños de camada mayores o iguales a siete gazapos, la PL muestra una relación cuadrática a lo largo de la lactación (b1=12,89 y b2=0,33), mientras que con tamaños de camada menores o iguales a cuatro gazapos la PL muestra una relación lineal a lo largo de la lactación (b1=3,54). La pendiente en el intervalo ascendente de la curva fue mayor en las hembras con tamaño de camada mayores o iguales a siete gazapos que las hembras con tamaño menos o iguales a cuatro gazapos; además, estimaron que la correlación entre el TC y la cantidad de leche disponible por cría fue negativa ($p \leq 0,05$) con coeficiente r =-0,35. Ferguson *et al*. (1997) encontraron correlaciones negativas entre el TC y la cantidad de leche disponible por gazapo ($p \leq 0,01$) en la primera, segunda y tercera semana de lactancia de r=-0,46; -0,41 y -0,51, respectivamente.

Cuadro 4. Medias ajustadas ± errores típicos para el día de máxima producción y producción máxima discriminadas por genotipo.

		DMP		PM	
Genotipo	n	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$
1	43	17,98	0,54	189,20	6,46
2	48	17,68	0,53	191,23	6,16
3	37	16,98	0,56	193,65	6,69
4	51	16,88	0,48	182,95	5,75

1: CAL X CAL., 2: NZB X NZB., 3: NZN X CAL., 4: CAL X NZB

Cuadro 5. Medias ajustadas ± errores típicos para el día de máxima producción y producción máxima discriminadas por número de partos

		Primíparas		Multíparas	
Partos	n	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$
P	61	18,17[a]	0,44	183,40[a]	4,68
M	118	16,56[b]	0,33	195,12[b]	3,68

[a,b]Medias con diferente superíndice en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Cuadro 6. Medias ajustadas ± errores típicos para el día de máxima y producción máxima discriminadas por el tamaño de la camada.

Camada	n	Estimadores			
		$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$
1	31	18,26[a]	0,56	161,28[a]	5,91
2	119	17,63[a]	0,31	195,87[b]	3,50
3	29	16,19[b]	0,62	210,61[c]	6,55

1: pequeñas; 2: medias y 3: grandes
[a,b,c]Medias con diferente superíndice en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Repetibilidad

En el caso de la producción de leche de las conejas, cada lactancia es el reflejo de los mismos genes en varias oportunidades de la vida productiva de cada coneja, el grado de parecido entre las lactancias del mismo animal se mide como la correlación intraclase entre las realizaciones sucesivas; lo que es conocido como repetibilidad o índice de constancia; se estima como la razón del componente de varianza entre individuos y la varianza fenotípica (Falconer y MacKay, 2001). En la cuadro 7 se presentan los estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza, para los parámetros de la curva de lactancia. La repetibilidad de la constante de inicio fue considerablemente alta indicando la consistencia de las conejas para tener comportamiento similar en este respecto; sin embargo, fueron muy bajas para la pendiente de ascenso y descenso, indicando que estas variables son muy afectadas por factores ambientales y fisiológicos que hacen variar el comportamiento entre lactancias de los parámetros de ascenso y descenso, sugiriendo poca consistencia en el comportamiento entre las lactancias individuales del mismo animal y en consecuencia con poco valor predictivo. A manera de ejemplo, Gómez *et al*. (2008) reportaron que a partir del octavo día de gestación comenzó a declinar la PL a razón de 5,26 $g.d^{-1}$.

Finalmente, en el cuadro 8, se presentan los estimadores REML de los componentes de varianza para el DMP y PM las correlaciones fueron 0,12 y 0,38 respectivamente. Lukefahr *et al*. (1983) mencionan que el factor ambiental es complejo de interpretar, ya que involucra factores climáticos propiamente dichos, tales como la temperatura y humedad, entre otros, y aspectos de manejo en general aplicados en las explotaciones tales como la alimentación. Gómez *et al*. (2008), sugieren que el uso y aplicación de las tecnologías por parte del personal a cargo del manejo de las granjas cunícolas, así como la experiencia y el desarrollo de habilidades del personal influyen considerablemente en la expresión de los caracteres.

Cuadro 7. Estimadores REML de los componentes de varianza, para los parámetros de la curva de lactancia de conejas.

Componente Varianza	Parámetro de la lactancia		
	K	A	B
$\sigma^2_{a(g)}$	4798,12	0,0041	0,0043
σ^2_e	100,87	0,1438	0,1905
t	0,9776	0,0229	0,0221

Cuadro 8. Estimadores REML de los componentes el día de máxima producción y producción máxima en lactancias de conejas

Componente varianza	Variable	
	DMP	PM
$\sigma^2_{a(g)}$	1,1356	431,37
σ^2_e	8,3756	717,55
t	0,1194	0,3755

CONCLUSIONES

La función beta modificada describe adecuadamente la curva de lactancia de las conejas; sin embargo, la pendiente de ascenso y la de descenso están muy afectadas por la variación ambiental temporal.

No se encontró evidencia de heterosis en el comportamiento del día de máxima producción y el volumen de máxima producción.

Dada la baja correlación entre las mediciones realizadas sobre un mismo animal es necesario ajustar las dietas a objeto de reducir la variación ambiental, ocasionada por fallas en la alimentación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el soporte brindado por el Tecnológico Nacional de México *Campus* Instituto Tecnológico del Valle de Morelia y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por las facilidades brindadas para realizar esta investigación.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Ninguno de los autores de esta investigación tiene interés personal o económico con instituciones u organizaciones que pudieran influenciar o segar los resultados de esta investigación.

LITERATURA CITADA

Batra, T.R. 1986. Comparison of two mathematical models in fitting lactation curves for pure line and cross line dairy cows. Journal of Animal Science. 66:405-410.

Casado, C., Piquer, O., Cervera, C., y Pascual, J. 2004. A mathematical model for the lactation curve of the rabbit does. Proceedings - 8th World Rabbit Congress – September 7-10, 2004 – Puebla, Mexico.

Casado, C., Piquer, O., Cervera, C., y Pascual, J. 2006. Modelling the lactation curve of rabbit does: Towards a model including fit suitability and biological interpretation. Livestock Science. 99:39-49.

D'Amico, J. A. 2016. Estudio de la producción de leche en la coneja. Tesis de Máster. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de Elche. 54p.

Falconer, D. S., y MacKay T.F. 2001. Introducción a la Genética Cuantitativa. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 469 p.

Ferguson, F. A., Lukefahr S. D., McNitt, J. I. 1997. Preweaning variable influences on market traits in rabbits. Journal of Animal Science 75:611-621.

Fraga, M. J., Lorente, M., Carabaño, R. M, and de Blas, J. C. 1989. Effect of diet and remating interval on milk production and milk composition of the doe rabbit. Anim. Prod. 48:459-466.

Gómez, B., Becerril, C., Torres, G. 2005. Relationship among feeding level, change of cage and fasting with the reproductive performance of New Zealand White and Californian nulliparous does. Agrociencia. 39(5): 491-499.

Gómez, B. 2006. Establecimiento de una línea de conejos para carne de aptitud maternal orientada a la producción de leche. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 57p.

Gómez, B., Becerril, C., Torres, G., Ortiz, R., Pro, A., y Herrera, J. 2008. Efectos ambientales, genéticos directos, maternos y de heterosis en la producción de leche de conejas Nueva Zelandia Blanco, Californiana y sus cruzas reciprocas. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 8: 303 – 312.

Gómez, B., Herrera, J., Ortiz, R., Segura, J., y Becerril, C. 2010. Heritability of milk yield in a population of rabbits under the conditions of the valley of Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12: 681 - 683.

Gómez, E., Valencia, E., y Alonso, J. 2011. Producción de carne de conejo: avances y perspectivas en México. Revista Electrónica de Veterinaria, 12(11), 1-18.

Hernández-Sánchez, A., Román-Bravo, R. M., Juárez-Caratachea, A., Gutiérrez-Vázquez, E., Val-Arreola, D., y Ortiz-Rodríguez, R. 2023. Comparison of growth and meat yield of naked-neck, full-feathered F1 chickens reared under backyard conditions in a dry tropical environment. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXXIII, rcfcv-e33204, 1-6.

Khalil, M. H. 1994. Lactational Performance of Giza White Rabbits and its Relation with Pre-weaning Litter Traits. Anim. Prod. 59:141-145

Littell, R. C., Milliken , G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D., Schabenberger, O. 2006. SAS® for Mixed Models, Second Edition. SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina. Pp 160-202.

Lebas, F. 1968. Mesure quantitative de la production laitiére chez la lapine. Ann. zootech. 2:169-182.

Lukefahr, S. D., Cheeke, P. R., Patton, N. M. 1990. Prediction and causation of litter market traits from preweaning and weaning characteristics in commercial meat rabbits. Journal of Animal Science 68:2222-2234.

Lukefahr, S. D., Hohenboken, W. D., Cheeke, P. R., and Patton, N. M. 1983. Characterization of straighbred and crossbred rabbits for milk production and associative traits. Journal of Animal Science 57:1100-1107.

Maertens, L., Lebas, F., Szendrö, Z.S. 2006. Rabbit Milk: A review of quantity, quality and non-dietary. World Rabbit Sci.2006, 14:205-230.

McNitt J. I., and Lukefahr, S. D. 1990. Effects of breed, parity, day of lactation and number of kits on milk production of rabbits. J. Anim. Sci. 68: 1505-1512.

Mohamed, M.M.A., and Szendró, Z.S. 1992. Studies on nursing and milk production of does and milk intake and suckling behavior of their kits. Proceedings 5th World Rabbit Congress, 25-30 July 1992, Corvallis – USA, 708-716.

Pascual J. J, Cervera C., Fernández–Carmona J. 2002. A feeding programme for young rabbit does based on lucerne. World Rabbit Sci. 10, 7-13.

Plasencia, F. A., Muelas, R., García, M. L., Argente, M. J. 2010. La lactación de la coneja: 1. producción de leche. Boletín de cunicultura lagomorpha. 164. 48.

Quintero, J. C., Serna, I. J., Hurtado, N., Rosero, R. N., Cerón, M. F. 2007. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. Revisiones. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20:149-156.

Sánchez, E, Castejón, O, y Román, R. 2000. La función Spline para el ajuste de curvas de lactancia en vacas. Revista Científica. FCV-LUZ. X (5):376-382.

Sanchez, W.K, Cheek, P.R, and Patton, N.M. 1985. Effect of dietary crude protein level on the reproductive performance and growth of New Zealand White Rabbits. J. Anim. Sci. 60:1029-1039.

SAS, SAS/STAT 2011a.User´s Guide Release 9.3 edition. The NLIN Procedure. SAS Institute INC, Cary, NC.

https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/930/nlin.pdf

SAS,SAS/STAT. 2011b.User´s Guide Release 9.3 edition. The MIXED Procedure. SAS Institute INC, Cary,NC.https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/930/mixed.pdf

Sherchand, L. N., Kellogg, R.W., Johnson, Z.B. 1995 Selection of mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows. J. Dairy Sci. 78:2507-2513.

Singh, G. 1996. Genetic and non-genetic factors affecting milk yield of rabbit does under hot semi-arid climate. World Rabbit Sci. 4:79:83.

Szendrô. Z. S. 2000. The nutritional status of foetuses and suckling rabbits and its effects on their subsequent productivity: A review. Proceedings of the 7 World Rabbit Congress. Valencia, Spain. 375-393.

Szendrô, Z. S., and Maertens, L. 2001. Maternal effects during pregnancy and lactation in rabbits. Acta Agraria Kaposváriensis. 5:1-21.

Vaccaro, R., D'Enjoy G., y Sabaté, C. 1999. Lactation Curves in Carora Cows and Crossbred Holstein Friesian x Brahman Cows Rev. Ciens. Vets. UCV 40(1):37-44.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

CONOCIMIENTOS ETNOVETERINARIOS DE PLANTAS MEDICINALES PARA EL GANADO

ETHNOVETERINARY KNOWLEDGE OF MEDICINAL PLANTS FOR LIVESTOCK

Johnny Daniel Bravo Loor, Mauro Manabí Guillén Mendoza, Saskia Valeria Guillén Mendoza, Tommy Francisco Cueva Navia

Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López, calle 10 de agosto N° 82 y Granda Centeno, Calceta, Manabí, Ecuador.

Email: jbravo@espam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 24/11/2022

Aceptado: 29/06/2023

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 14(1):31-36

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.335

Resumen

El objetivo de este estudio fue encontrar y compilar conocimientos ancestrales de plantas medicinales utilizadas para tratar enfermedades del ganado. Se identificó conocimientos etnoveterinarios relacionados con el uso de recursos botánicos en la zona norte de Manabí, Ecuador; a través de entrevistas y encuestas a 225 productores, analizadas, usando el programa SPSSV21. La edad promedio de los encuestados fue de 47 años, un 51,56% corresponden al sexo masculino, la escolaridad es de nivel medio (56,44%). En la búsqueda el 53,34% se dedican a la producción bovina y avícola, y 49,33% de ellos tienen acceso a la asistencia veterinaria. El equivalente de 83,33% conocen el significado de saberes ancestrales y las plantas más usadas son *Allium sativum*, *Citrus x limon*, *Matricaria chamomilla*, *Chenopodium ambrosioides* y *Origanum vulgare*, mientras tanto, *Ruta graveolens*, *Azadarichta indica* y *Aloe vera* son muy valoradas localmente para el control y tratamiento de afecciones provocadas por parásitos, problemas digestivos y afecciones respiratorias. Estas especies tienen un alto potencial medicinal, muestran una amplia aceptación, aplicación y múltiples formas de preparación y administración. Existe la necesidad de conservar el conocimiento sobre el uso de plantas medicinales en la zona centro norte de Manabí para las generaciones futuras e incorporarlo a los servicios de salud del ganado existente.

Palabras clave: Saberes ancestrales, etnobotánica, sistemas de producción, medicina alternativa.

Abstract

The objective of this study was to find and compile ancestral knowledge of medicinal plants used to treat livestock diseases. Ethnoveterinary knowledge related to the use of botanical resources in Manabí northern area, Ecuador, was identified through interviews and surveys of 225 producers, analyzed using the SPSSV21 program. The average age of the respondents was 47 years, 51.56% correspond to the male sex, the schooling is medium level (56.44%), in the search 53.34% are dedicated to bovine and poultry production, and 49.33% of them have access to veterinary assistance. The equivalent of 83.33% know the meaning of ancestral knowledge and the most used plants are *Allium sativum, Citrus x limon, Matricaria chamomilla, Chenopodium ambrosioides* and *Origanum vulgare,* meanwhile, *Ruta graveolens, Azadarichta indica* and *Aloe vera* are highly valued locally for the control and treatment of conditions caused by parasites, digestive problems and respiratory conditions. These species have a high medicinal potential, show wide acceptance, application and multiple forms of preparation and administration. There is a need to preserve the knowledge about the use of medicinal plants in Manabí north-central area for future generations and incorporate it into existing livestock health services.

Keywords: Ancestral knowledge, ethnobotany, production systems, alternative medicine.

INTRODUCCIÓN

Las plantas medicinales son productos deseados en los mercados por sus ventajas comparativas con los convencionales en la elaboración de remedios y usos alternos. La Organización Mundial de la Salud indica que las plantas o hierbas que contienen principios activos en su estructura, se consideran de uso eficaz e inocuo; la medicina desde tiempo remotos a utilizado los fitofármacos en la cura de enfermedades, valorando su

bajo costo y su reducido índice de toxicidad, esto comparados con productos industriales (Pascual *et al*., 2014).

La medicina tradicional establecida en vegetales se ha sostenido a través de la historia, especialmente en zonas rurales remotas o entre minorías étnicas de la sociedad, como complemento del hombre de escasos recursos económicos o como alternativa a la asistencia médica inaccesible (Mostacero *et al*., 2011). Su acceso en países en vías de desarrollo, es en ciertos casos, una opción viable de tratamiento (Pérez *et al*., 2017).

Así, 71 y 40% de la población de Chile y Colombia respectivamente, la utilizan al menos una vez al mes (Who, 1999). En la región andina del Perú hay diversos estudios etnobotánicos sobre plantas medicinales (Bussmann y Glenn, 2010; Gonzales *et al*., 2014), y en Ecuador, se estima que el 80% de la población depende de medicamentos obtenidos de plantas o productos naturales para el cuidado primario de la salud y bienestar (Buitrón, 1999). Los nativos Awá emplean Zaragoza para mordeduras de serpiente (Parra y Virsano, 1999), los campesinos de la costa norte ecuatoriana, utilizan la llamada Ayora (*Monstera dubia)* y Santa María *Piper peltata* (Cerón, 2003).

No obstante, estos estudios suelen centrar su atención en enfermedades y dolencias del humano, mientras que las referencias sobre indicaciones médicas veterinarias son escasas (De la Cruz *et al*., 2007). En las poblaciones rurales de países desarrollados, la atención veterinaria y el bienestar del ganado y animales domésticos se basa en criterios etnomédicos, particularmente cuando el acceso a productos veterinarios es difícil o tienen alto precio, lo que imposibilita el acceso por parte del productor. (Nyamanga *et al*., 2008).

Las epidemias y enfermedades se convierten en los principales problemas de salud veterinaria que experimentan los ganaderos de los países en desarrollo, causando pérdidas sustanciales a la explotación pecuaria (Morgan y Prakash, 2006). En consecuencia, se sigue desarrollando el uso de medicinas veterinarias para preservar y conservar la salud animal, no obstante, representan un grave riesgo para la salud humana por sus efectos secundarios (Diaz-Cruz *et al*., 2003; Boxall, 2004).

Los compuestos químicos de medicamentos veterinarios pueden permanecer en la carne del ganado aumentando la posibilidad de exposición a humanos a través de su ingesta y algunos pueden enriquecerse en el cuerpo (Reig y Toldrá (2008). También, el uso indiscriminado de antibióticos puede conducir a la transferencia de microorganismos patógenos a las personas a través del contacto directo con animales o consumo de alimentos (Shao *et al*., 2021); bacterias portadoras de genes de resistencia a los antimicrobianos pueden contaminar el medio ambiente a través de los desechos del ganado (Woolhouse *et al*., 2015), lo que en última instancia precipita las zoonosis (Chomel *et al*., 2010).

Utilizar medicamentos etnoveterinarios podría ser una alternativa beneficiosa, por lo tanto, el estudio de las drogas etnoveterinarias tradicionales está recibiendo una gran atención (Abo-El-Sooud, 2018); sin embargo, el conocimiento ancestral tradicional está en riesgo de extinción debido a la tecnología moderna y los cambios en el estilo de vida (Wanzala *et al*., 2005). En este contexto, existe una necesidad urgente de registrar y verificar científicamente el conocimiento médico etnoveterinario (Xiong y Long, 2020).

Frente a esta perspectiva, se pretende identificar el conocimiento o saberes ancestrales relacionados a la medicina veterinaria en la zona norte de la provincia de Manabí, con el fin de establecer un punto de partida de las principales plantas usadas en el manejo de algunas enfermedades en sistemas de producción animal de esta región. A partir de estos resultados se pueden brindar opciones terapéuticas, con mejoras en el manejo de preparación y protocolos dentro de la praxis sanitaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en la zona centro de Manabí en recintos de los cantones: Bolívar, Tosagua, Chone y Junín a 225 personas, es una investigación mixta y descriptiva, basada en el análisis de las ideas, creencias, significado y conocimientos referentes a las prácticas usadas en el manejo de patologías veterinarias a través fitoterapias.

La información se obtuvo a través de entrevistas con informantes referenciales, así como con la obtenida por medio de la encuesta, en donde el cuestionario se realizó en función de los objetivos planteados. Se organizaron las variables, se procesaron y analizaron usando el programa SPSSV21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad promedio de los encuestados es de 47 años, el 28,89% se encuentra en el rango de 41 a 52 años, de los cuales el 51,56% corresponden al sexo masculino y el 48.44% al femenino. En la escolaridad, el nivel medio ocupa el mayor porcentaje con 56,44%, mientras que apenas el 18.67% tienen un nivel superior. De la población estudiada el 53% se dedican a la producción bovina y avícola, donde el 49,33 % de ellos tienen acceso a la asistencia veterinaria (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de la población centro norte de Manabí

Edad/años	No.	
19 a 30,17	48,00	21,33
30,18 a 41,33	31,00	13,78
41, 34 a 52,50	65,00	28,89
52,51 a 63,67	50,00	22,22
63,68 a 74,83	20,00	8,89
74,83 a 86	11,00	4,89
Total	**225,00**	**100,00**
Media	47	
Desv. Tip	15,95	
Valor mínimo	19	
Valor máximo	86	
Escolaridad	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Primaria	54,00	24,00
Media	127,00	56,44
Superior	42,00	18,67
Ninguna	2,00	0,89
Total	**225,00**	**100,00**
Sexo	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Masculino	116,00	51,56
Femenino	109,00	48,44
Total	225,00	100,00
Tipo de explotación	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Bovina	67,00	29,78
Avícola	53,00	23,56
Porcina	28,00	12,44
Especies menores	15,00	6,67
Bovinos y mascotas	2,00	0,89
Ninguna	60,00	26,67
Asistencia Veterinaria		
Si	111	49,33
No	114	50,66

El estudio mostró también, que los medicamentos etnoveterinarios fueron más utilizado por personas en el rango de 45 a 52 años. Estos hallazgos corroboran con los de otros investigadores que encontraron que el conocimiento de la medicina etnoveterinaria se limita principalmente a las personas mayores y ancianos en las comunidades (Bartha *et al*., 2015; Menale y Muoio, 2014). En general, el conocimiento indígena sobre el uso de conocimientos ancestrales se limita principalmente a las personas mayores en las comunidades (Jamil y Murtaza, 2015; Moichwanetse *et al*., 2020; Nyahangare *et al*., 2015)

Conocimientos ancestrales etnobotánicos y plantas más usadas. - El 83.33 % conocen el significado de los saberes ancestrales, las plantas medicinales más usada son, *Allium sativum, Citrus x limon, Matricaria chamomilla, Chenopodium ambrosioides y Origanum vulgare* las cuales tuvieron los valores de frecuencia más altos, el 90 % de esta población usa diferentes partes de las plantas para las diferentes afecciones, reflejando que la hoja es la parte más aprovechada con un 60.40%. Los principales usos que los encuestados les dan a las plantas radican en afecciones o control provocados por parásitos, problemas digestivos y afecciones respiratorias (Cuadro 2).

La preferencia de las hojas en el tratamiento de las dolencias del ganado se debe a su fácil disponibilidad, recolección y simplicidad en la preparación del remedio. Las hojas son el sitio de almacenamiento de diversos grupos de fitoquímicos, las partes renovables de las plantas y desde una perspectiva de conservación, su recolección puede no resultar en la muerte de las plantas madre (Chinsembu *et a*l., 2014). En otros estudios la tendencia es similar, las hojas son la parte dominante de la planta utilizada en la preparación de medicamentos para tratar enfermedades del ganado (Njoroge y Bussmann, 2006; Kushwaha, 2020; Luseba y Van der Merwe, 2006; Tanzin *et al*., 2010; Traore *et al*., 2020).

Sin embargo, en algunos casos, las raíces se identificaron como las partes de la planta de uso común (Tabuti *et al*., 2003; Van der Merwe *et al*., 2001). Estas fueron la segunda parte de la planta más comúnmente utilizada, lo que podría atribuirse al hecho de que las raíces permanecen en el suelo y son fácilmente accesibles incluso durante estaciones secas prolongadas en ambientes áridos y semiáridos (Getaneh y Girma, 2014). No obstante, con periodicidad esto no se indica, porque es dañino e insostenible, lo que pone a las especies de plantas en peligro de extinción (Moyo *et al*., 2015).

El ajo (*Allium sativum*) resultó una de las plantas más utilizadas y es considerada un ingrediente importante en la etnomedicina veterinaria tradicional desde hace mucho tiempo. Esta investigado que el uso de extractos herbales de ajo es un recurso natural alternativo a los antibióticos en sanidad animal (Davidson y Naidu, 2000; Afshar *et al*., 2012). En las dolencias veterinarias, tos, catarro y fiebre las propiedades antivirales del ajo son efectivas debido a compuestos que contienen azufre, como alicina, dialilo disulfuro, trisulfuro de dialilo que reaccionan con grupos tiol de varias enzimas que son críticas para microorganismos (Markku *et al*., 2019). Otra especie vegetal usada con frecuencia en esta población bajo estudio es el limón. *Citrus limon* (L.) *Burm. F. y M. charantia* se usan para tratar enfermedades respiratorias en aves (Lans y Brown 1998)

Cuadro 2. Conocimiento de los saberes ancestrales

Conoce sobre saberes ancestrales	Frecuencia	Porcentaje
Si	185,00	83,33
No	40,00	16,67
Partes de la planta que usan	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Raíz	14,00	6,93
Hoja	122,00	60,40
Flores	14,00	6,93
Semillas	20,00	9,90
Frutos	32,00	15,84

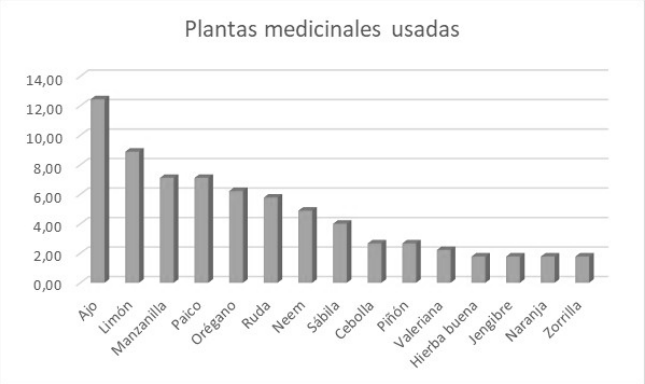


Figura 1. Frecuencia de plantas medicinales usadas

Fitoterapia en veterinaria. - En medicina veterinaria es común ver a personas de zonas rurales tratando las enfermedades de los animales con plantas, ya que este conocimiento pasa de generación en generación, pero no siempre tiene una base científica comprobada, todavía hay pocos estudios que prueben y relacionen los principios activos de las plantas, la dosificación y la aplicabilidad en animales, así la salvia (*Salvia officinalis*) y el tomillo (*Thymus vulgaris*) son tés con ingredientes activos conocidos para tratar problemas digestivos en humanos, como se cita en el Plant Watch desarrollado por Emater/RS. El grupo de estudio de medicina alternativa (GEMA do Pampa) sintió la necesidad de buscar investigaciones sobre su aplicación en animales (Cabral y de Fritas, 2020).

Recientemente el sector de los medicamentos a base de hierbas en particular, atrajo la atención en todo el mundo debido a varias razones que incluyen, entre otras, reduce el riesgo de residuos de medicamentos (Raza *et al*., 2007) y resulta barato para aquellos que no pueden pagar el costo de los medicamentos modernos.

En la medicina etnoveterinaria se utilizan diferentes partes de la planta, según la especie para elaborar los preparados, y los remedios caseros a base de hierbas, transmitidos de generación en generación, pueden ser una alternativa terapéutica útil para el tratamiento del ganado (Aarestrup *et al*., 2008). Además, la difusión de dicho conocimiento puede generar conciencia sobre el potencial de la fitoterapia veterinaria (Mayer *et al*., 2014)

Está claro que la mayoría de los medicamentos modernos se han derivado de materiales vegetales que se usaban tradicionalmente (Rates, 2001), por lo que es necesario seguir explotando la medicina etnoveterinaria, lo que puede conducir al descubrimiento de nuevos hallazgos potenciales. Estas razones han desencadenado encuestas recientes de prácticas etnoveterinarias a nivel mundial (Ali-shtayeh *et al*., 2016, Getachew y Girma, 2014; Zorloni *et al*., 2010).

CONCLUSIONES

El presente estudio contribuyó a establecer las plantas utilizadas en prácticas etnoveterinarias en lugares de la zona centro norte de Manabí, para estimular y concienciar a la academia y sociedad en general acerca del potencial de estas investigaciones, de cara al futuro en el rescate del saber ancestral y validarlo científicamente en una posterior preparación de compuestos biológicos con el uso de la biotecnología. Los resultados servirán de información a los científicos comprometidos en la búsqueda de nuevas terapias veterinarias a base de hierbas y especialmente a las partes interesadas locales. Es necesario realizar estudios fitoquímicos y farmacológicos adicionales para corroborar la eficacia y seguridad de las plantas identificadas, pues permitirán a las comunidades aprovecharlas de manera más económica, eficiente y segura.

LITERATURA CITADA

Aarestrup, F., Oliver Durán, C. y Burch, D. 2008. Resistencia a los antimicrobianos en la producción porcina. Revisiones de investigación en salud animal, 9 (2):135-148. doi:10.1017/S1466252308001503

Abo-El-Sooud K. 2018. Perspectivas etnoveterinarias y futuro prometedor. Int J Vet Sci Med. 6:1–7. 10.1016/j.ijvsm.2018.04.001

Afshar, M., Syadati, S. A., & Fathi, H. 2012. Some of thyme (Thymus vulgaris) properties in ruminant's nutrition. Scholars Research Library, 3(2):1191–1195.

Ali-Shtayehd Mohammed S., Jamous Rana M., Jamous Rania M. 2016. Traditional Arabic Palestinian ethnoveterinary practices in animal health care: A field survey in the West Bank (Palestine). Journal of Ethnopharmacology,182(22):35-49. https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.02.005

Bartha, S. G., Quave, C. L., Balogh, L., y Papp, N. 2015. Ethnoveterinary practices of Covasna County, Transylvania, Romania. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 11(1). https://doi.org/10.1186/s13002-015-0020-8

Boxall, A. B. 2004. The environmental side effects of medication. EMBO Reports, 5:1110–1116. https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400307

Bussmann, R., y Glenn, A. 2010. Cooling the heat traditional remedies for Malaria and fever in northern Peru. Ethnobotany Research and Applications, 8:125–134. https://doi.org/10.17348/era.8.0.125-134

Buitron, X. 1999. Ecuador, uso y comercio de plantas medicinales, situación actual y aspectos importantes

para su conservación. https://www.traffic.org/site/assets/files/9729/ecuador-uso-y-comercio-de-plantas-medicinales.pdf

Cabral, V. X., & de Freitas Salla, P. 2020. Fitoterapia na medicina veterinária–uso de sálvia e tomilho: revisão bibliográfica. ANAIS CONGREGA MIC-ISBN 978-65-86471-05-2, 16, 557-561.

Cerón, C. 2003. Manual de Botánica. Sistemática y métodos de estudio en el Ecuador. QAP, Fac. Fil. Letras y CC de la Educación. Escuela de Biología, Universidad Central. Quito.

Chinsembu, K. C., Negumbo, J., Likando, M., & Mbangu, A. 2014. An ethnobotanical study of medicinal plants used to treat livestock diseases in Onayena and Katima Mulilo, Namibia. South African Journal of Botany, 94:101–107. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2014.06.007

Chomel, B. y Kasten, R. 2010. Bartonellosis, an increasingly recognized zoonosis. Journal of applied microbiology, 109(3):743–750. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04679.x

Davidson, P. M., & A. S. Naidu. 2000. Phyto-phenols, p. 265-294. In A. S. Naidu (ed.), Natural food antimicrobial systems. CRC Press, London, United Kingdom.

De la Cruz, H., Vilcapoma, G., y Zevallos, P. 2007. Ethnobotanical study of medicinal plants used by the Andean people of Canta, Lima, Peru. Journal of ethnopharmacology, 111(2):284–294. https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.11.018

Diaz-Cruz, M., López, M. y Barceló, D. 2003. Environmental behavior and analysis of veterinary and human drugs in soils, sediments and sludge. TrAC Trends in Analytical Chemistry (22) 6:340–51. doi: 10.1016/S0165-9936(03)00603-4.

Getachew S., y Girma, Z. 2014. An ethnobotanical study of medicinal plants in Debre Libanos Wereda, Central Ethiopia. African Journal of Plant Science, 8(7):366-379.

Gonzales De La Cruz, M., Baldeón, S., Beltrán, H., Jullian, V., y Bourdy, G. 2014. Hot and cold: Medicinal plant uses in Quechua speaking communities in the high Andes (Callejón de Huaylas, Ancash, Perú). Journal of Ethnopharmacology, *155*(2):1093–1117. https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.06.042

Jamil, M., y Murtaza, G. 2015. A study of medicinal plants used as ethnoveterinary: Harnessing potential phytotherapy in Bheri, District Muzaffarabad (Pakistan). *Journal of Ethnopharmacology, 159(November),* 209–214. https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.016

Kushwaha, K. Plantas medicinales utilizadas para curar las enfermedades del ganado en el Distrito Coreano de Chhatisgarh. En t. J. Pharm. Ciencias de la vida 2020, 11, 6889–6892. [Google académico]

Lans, C., Brown, G. 1998. Medicamentos etnoveterinarios usados para rumiantes en Trinidad y Tobago. Medicina Veterinaria Preventiva, 35: 149-163.

Luseba, D., Van der Merwe D. 2006. Prácticas de medicina etnoveterinaria entre personas de habla tsonga de Sudáfrica. Onderstepoort J. Vet. Res. 73. 115–122. doi: 10.4102/ojvr.v 73i2.156.

Markku, S., Susanna, S. y Seppo, H. 2019. Garlic (*Allium sativum*) supplementation improves respiratory health but has increased risk of lower hematologic values in horses, Animals (Basal), 9 (1):13.

Mayer Maria; Vogl Christian R.; Amorena Michele; Hamburger Matthias; Walkenhors Michael. 2014. Forschende Komplementärmedizin / Research in Complementary Medicine, 21 (6): 375–386. https://doi.org/10.1159/000370216

Menale, B., y Muoio, R. 2014. Use of medicinal plants in the South-Eastern area of the Partenio Regional Park (Campania, Southern Italy). Journal of ethnopharmacology, 153(1), 297–307. https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.02.039

Moichwanetse, B. I., Ndhlovu, P. T., Sedupane, G., & Aremu, A. O. 2020. Ethno-veterinary plants used for the treatment of retained placenta and associated diseases in cattle among Dinokana communities, North West Province, South Africa. South African Journal of Botany, 132:108–116. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.04.005

Morgan, N, Prakash, A. 2006. Los mercados ganaderos internacionales y el impacto de las enfermedades animales. *Rev Sci Tech. 25*:517–28. doi: 10.20506/rst.25.2.1685

Mostacero, J., Castillo, F., Mejía, F., Gamarra O., Charcape, J. y Ramírez, R. 2011. Plantas medicinales del Perú: taxonomía, ecogeografía, fenología y etnobotánica. Lima, Perú: Asamblea Nacional de Rectores. 909 p.

Moyo M., Aremu A. y Van Staden J. 2015. Plantas medicinales: un recurso invaluable y cada vez más escaso en el África subsahariana. J. Etnofarmaco.174 :595–606. doi: 10.1016/j.jep.2015.04.034.

Njoroge G., Bussmann R. 2006. Uso de hierbas y consenso de informantes en el manejo etnoveterinario de enfermedades del ganado entre los Kikuyus (Kenia central) J. Ethnopharmacol.108 :332–339. doi: 10.1016/j.jep.2006.05.031.

Nyamanga, P., Suda, C. y Aagaard-Hansen, J. 2008. The socio-cultural context and practical implications of ethnoveterinary medical pluralism in western. Kenya. Agric. Human Values. *25*:513-527.

Nyahangare, E., Mvumi B. y Mutibvu T. 2015. Plantas etnoveterinarias y prácticas utilizadas para el control de ectoparásitos en áreas semiáridas de pequeños agricultores de Zimbabue. J. *Etnobiol. etnificado. 11:30*. doi: 10.1186/s13002-015-0006-6.

Parra, J. y Virsano, S. 1994. Por el Camino Culebrero, Etnobotánica y medicina de los indígenas Awá del Sábalo (Nariño). Ediciones ABYA-YALA. Nariño, Colombia.

Pascual, D., Pérez, Y., Mora, L., Castellanos, I. y González. E. 2014. Algunas consideraciones sobre el surgimiento y la evolución de la medicina natural y tradicional. MEDISAN.18(10).1467–74.

Pérez, M., Vibrans, H., Romero, A, Saynes, A., Luna, M., Flores, M. y Lira, R. 2017. Patterns of knowledge and use of medicinal plants in Santiago Camotlán, Oaxaca, Mexico. Econ Bot 71*:* 209-223. doi: 10.1007/s12231-017-9384-0

Pieroni, A., Howard, P., Volpato, G. y Santoró, R. 2004. Remedios naturales y nutracéuticos utilizados en prácticas etnoveterinarias en el interior del sur de Italia. Vet Res Commun 28:55–80 https://doi.org/10.1023/B:VERC.0000009535.96676.eb

Tanzin, R., Ghosh, K., Jahan, R., Khatun A. y Rahmatullah M. 2010. Un estudio etnoveterinario de plantas medicinales utilizadas para tratar enfermedades del ganado en el área de Birishiri, distrito de Netrakona, Bangladesh. Adv. Nat. aplicación ciencia 4 :10–14.

Tabuti, J., Dhillion, S. y Lye, K. 2003. Medicamentos etnoveterinarios para ganado bovino (*Bos indicus*) en el condado de Bulamogi, Uganda: especies de plantas y modo de uso. J. Etnofarmaco.*;88* :279–286. doi: 10.1016/S0378-8741(03)00265-4.

Traore, L., Yaro, V., Soudre A., Ouedraogo-Kone S., Ouedraogo D., Yougbare B., Zoma B., Hien M., Guissou M.-L. y Traore A. 2020. Conocimiento indígena de veterinaria uso de plantas medicinales en el tratamiento del ganado en el sudoeste de Burkina Faso (África Occidental) *S*. Afr. J.Bot. *128* :189–199. doi: 10.1016/j.sajb.2019.09.015.

Rates, S. M. K. 2001. Plants as source of drugs. Toxicon, 39(5):603-613.

Raza M., Iqbal Z., Jabbar A. y Yaseen M. 2007. Point prevalence of gastrointestinal helminthiasis in ruminants in southern Punjab, Pakistan J. Helmitol., 81:323-328.

Reig, M. y Toldrá F. 2008. Residuos de medicamentos veterinarios en carne: preocupaciones y métodos rápidos de detección. *Ciencia de la carne 78*:60–7. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.07.029.

Shao Y, Wang Y, Yuan Y, Xie Y. 2021. Una revisión sistemática sobre el uso indebido de antibióticos en la ganadería y la acuicultura y las implicaciones normativas en China. *Sci Medio ambiente total*. 149205. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149205.

Van der Merwe D., Swan G., Botha C. 2001. Uso de plantas medicinales etnoveterinarias en el ganado por parte de personas de habla setswana en el área de Madikwe de la Provincia del Noroeste de Sudáfrica. JS Af. Veterinario. Asoc. 72 :189–196. doi: 10.4102/jsava. v72i4.651.

Wanzala, W., Zessin, K., Kyule, N., Baumann, M., Mathia, E. y Hassanali A. 2005. Medicina etnoveterinaria: una revisión crítica de su evolución, percepción, comprensión y el camino a seguir. Livest Res Rural Dev. 119 :17.

WHO. 1999. Female Genital Mutilation –Programmes to Date: What Works and What Doesn't: A Review. Ginebra: OMS

Woolhouse, M., Ward, M., Van Bunnik B. y Farrar J. (2015). Resistencia antimicrobiana en humanos, ganado y el medio ambiente en general. Philos TR Soc B. 370 :20140083. 10.1098/rstb.2014.0083

Xiong Y y Long C. 2020. Un estudio etnoveterinario sobre plantas medicinales utilizadas por el pueblo Buyi en el suroeste de Guizhou, China. J Ethnobiol Ethnomed.16 :1–20. 10.1186/s13002-020-00396-y

Zorloni A, Penzhorn BL, Eloff JN (2010) Extracts of Calpurnia aurea leaves from southern Ethiopia attract and immobilise or kill ticks. Vet Parasitol 168:160–164. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.10.026

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

EFECTO DE LA INMERSIÓN Y DEL SUSTRATO SOBRE LA GERMINACIÓN Y LONGITUD RADICULAR EN MORINGA

EFFECT OF IMMERSION AND SUBSTRATE ON GERMINATION AND ROOT LENGTH IN MORINGA

Guillermo Romero-Marcano[1], Ramón Silva-Acuña[2], Mauro Guillén Mendoza[3], Sebastián Palomo-Bárcenas[4]

[1]Departamento de Nutrición Animal y Forrajes, Escuela de Zootecnia, *Campus* Los Guaritos
[2]Postgrado de Agricultura Tropical, *Campus* Juanico, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Venezuela
[3]Carrera Medicina Veterinaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Manabí, Ecuador
[4]Profesional de libre ejercicio

Email: guillermo.ro80@gmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
18/10/2022

Aceptado:
15/06/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
14(1):37-46

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.371

Resumen

Con el objetivo de cuantificar las variables germinación inicial (GIN), germinación final (GFI), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud de la radícula (LRA) de moringa, variedades “Supergenius” y “Criolla”, con inmersión en agua por 12 horas, o sin inmersión, colocadas en sustratos de papel absorbente y/o arena lavada de río, se instaló un ensayo donde los tratamientos proceden del arreglo factorial 2^3, en el diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Una bandeja con 50 semillas por unidad experimental y 16 bandejas de aluminio por sustrato. Las cuantificaciones se realizaron entre los 5 y 8 días después del soterro y sus valores interpretados por desglosamiento y prueba de Tukey a 5% de probabilidad. La GIN en el sustrato papel fue superior para “Supergenius”, aunque en arena, ambas variedades fueron idénticas. No hubo diferencias entre sustratos en presencia o ausencia de la inmersión, aunque, la GIN en arena fue superior, para las semillas tratadas con inmersión. La GFI; fue superior en “Supergenius”, y de manera similar para el IVG, “Supergenius” difiere de la “Criolla”, con mayor índice; adicionalmente, cuando son sometidas a un proceso de inmersión, “Supergenius” presenta mayor índice de velocidad de germinación, y el proceso de inmersión acelera ese valor. Las semillas sometidas a inmersión, para la variable LRA, presentaron mayor longitud y fue el sustrato papel donde se observaron esos mayores valores. Para evaluar germinación en semillas de moringa, es pertinente colocarlas en inmersión durante 12 horas y usar papel como sustrato de soporte.

Palabras clave: Moringa oleifera, germinación, biomasa, sustratos, inmersión

Abstract

In order to quantify the variables initial germination (GIN), final germination (GFI), germination speed index (IVG) and radicle length (LRA) of moringa, varieties "Supergenius" and "Criolla", with immersion in water for 12h, or without immersion, placed on absorbent paper substrates and / or washed river sand, a trial was installed where the treatments come from the factorial arrangement 2^3, in the randomized block design, with four repetitions. A tray with 50 seeds per experimental unit and 16 aluminum trays per substrate. Quantifications were carried out between 5 and 8 days after burial and their values were interpreted by disaggregation and Tukey's test at 5% probability. The GIN in the paper substrate was higher for "Supergenius", although in sand, both varieties were identical. There were no differences between substrates in the presence or absence of immersion, although the GIN in sand was higher for the seeds treated with immersion. The GFI; it was superior in “Supergenius”, and similarly for IVG, “Supergenius” differs from “Criolla”, with a higher index; additionally, when they are subjected to an immersion process, "Supergenius" presents a higher rate of germination speed, and the immersion process accelerates that value. The seeds subjected to immersion, for the LRA variable, presented greater length and it was the paper substrate where these higher values were observed. To evaluate moringa seed germination, it is pertinent to place them in immersion for 12 hours and use paper as a support substrate.

Keywords: *Moringa oleifera,* germination, biomass, substrates, immersion

INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera Lamark, es considerada como una planta con prestigio y reconocimiento en el ámbito científico, por sus propiedades de utilidad en descubrimientos farmacológicos y ambientales (Villarreal y Ortega, 2014). Las hojas frescas de moringa tienen más vitamina A que las zanahorias, más vitamina C que las naranjas, más calcio que la leche, más potasio que el plátano, más hierro que la espinaca y más proteína que ningún otro vegetal (Bonal *et al*., 2012). El análisis del valor nutricional de sus hojas, semillas, vainas, así como sus tenores de macro y micronutrimentos, la indican como fuente de proteína, grasa, calcio, potasio, hierro, carotenos, vitaminas, entre otros (Liñan 2010; Bolarinwa *et al*., 2017).

Moringa es originaria de Agra y Oudh en la región noroeste de la India, al sur del Himalaya, noreste de India, Pakistán, Bangladesh y Afganistán (Pascua, 2014) y particularmente para Venezuela, la especie, se dispersó aleatoriamente, por la manera como se introdujo, así como también, por su diseminación natural (Londoño y Mieres-Pitre, 2009). Hoy, está presente en casi todos los estados del país, donde ha sido ampliamente utilizada como forrajes, e incluida como recurso filogenético a considerar en los sistemas ganaderos como complemento alimentario a los animales (García *et al*., 2009), debido a sus virtudes de adaptabilidad, bajo costo y destacada calidad y biodisponibilidad proteica del forraje producido (Pérez, 2011).

M. oleifera, puede reproducirse por semillas o multiplicarse por estacas (Luna, 2019). La germinación de las semillas es rápida, cuando se emplean semillas nuevas; Padilla *et al*. (2012) indican valores de germinación entre 70 y 98%, siendo que, otros autores señalan porcentajes de germinación mayores de 90% (COOPI, 2011); mientras que, Mubvuma *et al*. (2013) mostraron que las semillas de moringa presentan bajo porcentaje de germinación y Nouman *et al*. (2012), afirman que fluctúan entre 60 y 90%, ante tal discrepancia en los hallazgos bibliográficos, existe necesidad de generar estrategias para incrementar la germinación, en beneficio del proceso de establecimiento del cultivo.

Hacisalihoglu y Ross (2010), aseveran que los tratamientos de hidratación parcial −inmersión en agua−, ha demostrado ser eficiente en semillas de muchos cultivos y su objetivo es acondicionarlas para recuperar viabilidad e extender su longevidad en almacenamiento; de manera similar, el tratamiento de inmersión, acrecienta y acelera la germinación de semillas, al eliminar la latencia; en consecuencia, las plantas obtenidas de ellas, aumentan sus rendimientos cuando son establecidas en condiciones ambientales adversas.

Padilla *et al*. (2012) señalan que las semillas de moringa no tienen períodos de latencia y se pueden plantar tan pronto estén maduras; además, lograron porcentajes de germinación superiores a 90% en el tratamiento testigo con semillas de dos meses después de cosechadas; aunque, Santos *et al*. (2011) y Nouman *et al*. (2012) evidenciaron reducción en los porcentajes de germinación, cuando la semilla tiene más de 2 a 4 meses, y lo atribuyen al contenido de aceite, y ratifican que la posible solución es la aplicación de tratamientos pregerminativos, que influyen sobre características morfológicas de las plántulas.

La inmersión de las semillas de moringa se realiza previo a la siembra (Valdivia *et al*., 2010; Padilla *et al*., 2012; Salgado y Salgado, 2017; Ontivero *et al.*, 2021); además, Montilla-Mota *et al*. (2017) agregan, que la hidratación de las semillas de *M. oleifera* puede contribuir a mejorar el desempeño de las variables de desarrollo de la planta; en contraposición, Carballo (2011) asegura que no es necesario ese tratamiento previo para lograr buena germinación.

Ante la incertidumbre planteada sobre las bondades de la inmersión de las semillas de moringa, previa a su siembra, se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar el porcentaje de germinación, el índice de velocidad de germinación y la longitud de la radícula de dos variedades de *M. oleifera*, procedentes de semillas tratadas o no con inmersión en agua y dispuestas en sustratos inertes de papel absorbente y/o arena lavada de rio autoclavada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de realización del experimento y material genético empleado

La investigación se realizó en el laboratorio de semillas de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, ubicado en el *Campus* Juanico, Maturín, estado Monagas, localizado geográficamente a 9º 45’ LN y 63º 11’ de LW, con altitud de 65 m (Climate-Data.org, 2020).

Se utilizaron semillas de dos meses de edad, provenientes de frutos cosechados en el ciclo 2019/2020, de *M. oleifera* de las variedades “Supergenius” –frutos largos– y “Criolla” –frutos cortos–; ambas semillas fueron producidas y clasificadas de manera artesanal en la Unidad de Producción Familiar “Semilleros Agrovidas”, ubicada en Punta de Mata, municipio Ezequiel Zamora del estado Monagas. En relación a las características físicas de las semillas, la variedad “Supergenius”, presentó 366,89 ± 4,36 semillas.100 g^{-1}; el peso de 100 semillas fue del orden de 27,42 ± 0,26 g y, la coloración varió desde blanco hasta marrón oscuro, con porcentaje de impurezas del 0,52%; mientras que, las semillas de la variedad “Criolla”, el peso de 100 semillas correspondió

a 23,56 ± 0,34 g, el número de semillas.100 g^{-1} fue de 424,48 ± 0,88; la coloración del tegumento marrón oscuro y, con porcentaje de impurezas de 0,31%.

Instalación del ensayo

La variedad de moringa se seleccionó al azar, de formaron 16 muestras de 50 semillas, para un total de 32, de ambos materiales experimentales, y para efecto de identificación, se colocaron en vasos plásticos de 210 mL, previamente rotulados.

El tratamiento de inmersión durante 12 h, se realizó en los mismos vasos plásticos, colmados con agua corriente entre las 7 pm y 7 am. Se descartó el agua contenida en los vasos y se colocaron las semillas sobre toallas de papel absorbente –Toallas Multiusos Absorbo, Papeles Venezolanos C.A. (PAVECA)– para remover el excedente del agua, e inmediatamente se procedió a la siembra.

Para el sustrato de papel absorbente, se utilizaron 16 bandejas de aluminio de 48,5 x 43,3 x 0,8 cm; y en el sustrato arena lavada de rio, se empleó la misma cantidad de bandejas, pero de dimensiones de 40,0 x 27,0 x 6,0 cm. Previamente, las bandejas fueron lavadas con jabón lavaplatos líquido y enjuagadas con hipoclorito de sodio 5,25%, diluido en agua corriente en la proporción 1:4 (v/v) y dejadas secar al aire. Las bandejas fueron distribuidas sobre un mesón, que anticipadamente había sido desinfectado utilizando toallas absorbentes impregnadas con la mezcla cloro+agua, en la proporción descrita.

Sobre cada bandeja se colocó una capa de dos hojas del papel absorbente y se humedecieron con agua corriente, con ayuda de una piseta. Posteriormente, se distribuyeron las semillas correspondientes al tratamiento –50 unidades– cubriéndose con dos hojas del mismo papel absorbente humedecido.

En las bandejas se colocó una capa de 6 cm de sustrato de arena de rio, lavada, previamente cernida y desinfectada mediante calor húmedo en autoclave Harvey durante 15 min, 15 psi y 121˚C. Las semillas fueron colocadas a la profundidad de 1 cm aproximadamente, a razón de 50 semillas por bandeja y, distribuidas uniformemente en cinco hileras.

Durante el periodo del experimento, a partir de la siembra y a intervalos interdiarios, los sustratos fueron humedecidos con agua corriente utilizando una piseta.

Variables cuantificadas y diseño experimental

Se cuantificó el porcentaje de germinación, el índice de velocidad de germinación y la longitud de la radícula.

El conteo para determinar el porcentaje de germinación se realizó a los seis y ocho días posteriores a la siembra; aunque, de acuerdo con la normativa ISTA (2014), las evaluaciones deben realizarse a los cinco y ocho días posteriores a la siembra; sin embargo, no ocurrió germinación visible hasta el quinto día. Se consideró como semilla germinada, en el papel absorbente, aquella que presentó longitud de radícula superior a 1 cm, y para el sustrato de arena lavada de rio, aquella que emergió del sustrato. Una vez contadas las semillas germinadas, se retiraron de la bandeja y, de manera análoga, para el segundo conteo. El valor de germinación obtenido en la segunda cuantificación, se agregó a la primera evaluación, se ajustaron a 100 semillas y se calculó el porcentaje de germinación respectivo.

Para la determinación del índice de velocidad de germinación –IVG–, a partir del quinto día después de la siembra, –aun sin germinación– se registró diariamente el número de semillas germinadas en cada unidad experimental. Sucesivamente, para los días 6, 7 y 8 después de la siembra, se registraron los valores de germinación. Los valores calculados correspondientes al IVG, provienen de sustituir los datos de germinación en la ecuación (1).

IVG = G5dias/5 + G6dias/6 + G7dias/7 + G8dias/8 (1)
G= número de semillas germinadas.

Para determinar la longitud de la radícula, durante el primer muestreo realizado para cuantificar el porcentaje de germinación, al azar, se seleccionaron diez semillas germinadas por bandeja; mientras que, para la arena lavada de rio, se extrajeron cuidadosamente las plántulas del sustrato, previamente humedecido y se les midió la longitud de la radícula, –desde el cuello hasta la punta de la raíz– con una regla graduada en centímetros.

Los tratamientos evaluados provienen del arreglo factorial 2^3, siendo los factores corresponden, A: dos variedades de moringa, “Supergenius” y “Criolla”; B: inmersión en agua durante 12 h y sin inmersión; C: dos soportes inertes para germinación, papel absorbente y arena lavada de rio. Se empleó el diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y la unidad experimental representada por una bandeja de germinación contentiva de 50 semillas.

El manejo de los datos y su análisis estadístico se realizó con el programa estadístico InfoStat Versión 2020 (Di Rienzo *et al.,* 2020). Los efectos de interacción significativa fueron desglosados e interpretados gráficamente; mientras que, los efectos simples comparados por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los supuestos estadísticos para el análisis de varianza referido a normalidad de los errores (Wilk Shapiro) y de homogeneidad de varianza (Bartlett) fueron cumplidos satisfactoriamente para realizar el análisis paramétrico de las variables cuantificadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza para las variables: germinación inicial –GIN–, germinación final –GFI– índice de velocidad de germinación –IVG– y longitud de la radícula –LRA– en el ensayo de variedades moringa, condición de inmersión y sustrato de soporte para las semillas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		GIN	GFI	IVG	LRA
Bloque	3	399,66^{ns}	71,46^{ns}	3,20^{ns}	0,728^{ns}
Variedad (Var)	1	1740,50^{ns}	**5050,13****	**116,96****	0,103^{ns}
Inmersión (Inm)	1	3784,50^{ns}	465,13^{ns}	**25,88****	**1,015***
Sustratos (Sus)	1	3120,50^{ns}	120,12^{ns}	0,35^{ns}	**2,542****
Var*Inm	1	7,02x10$^{-30\ ns}$	21,13^{ns}	0,25^{ns}	0,001^{ns}
Var*Sus	1	**1152,00****	120,12^{ns}	7,25^{ns}	0,051^{ns}
Var/Papel	1	**2862,25****	-	-	-
Var/Arena	1	30,25^{ns}	-	-	-
Inm*Sus	1	**2048,00****	210,12^{ns}	13,52^{ns}	0,304^{ns}
Inm/Papel	1	132,25^{ns}	-	-	-
Inm/Arena	1	**5700,25****	-	-	-
Var*Inm*Sus	1	112,50^{ns}	91,12^{ns}	3,06^{ns}	0,017^{ns}
Error	21	129,57	144,32	3,58	0,165
W (Will-Shapiro)		0,92^{ns}	0,93^{ns}	0,93^{ns}	0,940^{ns}
P (Bartlett)		>0,05			
CV (%)		34,23	23,94	24,22	17,07

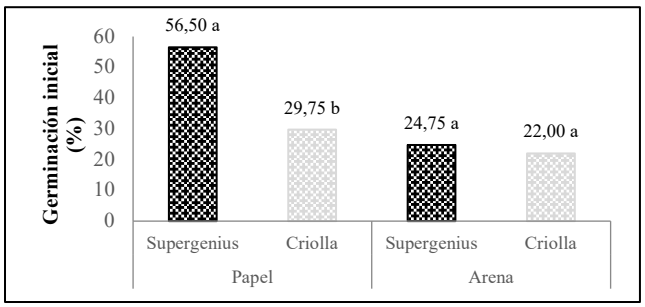
* y ** Significativos a 5 y 1% de probabilidad por la prueba de Fisher; ns= no significativo; >0,05= mayor de 5% de probabilidad.

En el resumen del análisis de varianza (Cuadro 1), se detectó efecto significativo por la prueba de F a 1% de probabilidad, para las interacciones variedad*sustratos e inmersión*sustratos en la variable germinación inicial –GIN–; de manera similar, ocurrió en la variable germinación final (GFI) para el efecto simple variedad; además, se observó efecto significativo a 1% de probabilidad para los efectos simples de variedad e inmersión; también, para la variable índice de velocidad de germinación –IVG–, y para el efecto simple sustrato, de manera similar, en la variable longitud de la radícula –LRA–; mientras que, a 5% de probabilidad solo se observó efecto significativo para la inmersión en la variable longitud de la radícula –LRA–.

Los eventos biológicos presentados en esta investigación, por lo general se desarrollan bajo un contexto de causa multifactorial, donde fuentes bióticas –semillas– y abióticas –sustratos de germinación e inmersión en agua– pueden actuar e interactuar en la expresión de cualquier variable, siendo en experimentos factoriales, como el empleado en este caso, donde la significancia de las interacciones permite visualizar tales efectos, que analizados de manera independiente en sus efectos directos no son observables.

Germinación inicial: Interacción variedad*sustratos

Los valores promedios de germinación inicial –GIN– en función de la interacción variedad*sustratos se muestran en la figura 1, el desglosamiento de la interacción a 1% de probabilidad determinó comportamiento distinto por sustrato entre variedades (Cuadro 1); siendo que, en el sustrato papel se obtuvo superioridad en germinación inicial (%) para la variedad "Supergenius" en comparación a la variedad "Criolla", mientras que en el sustrato arena la germinación inicial (%) de ambas variedades fue estadísticamente similar.



Medias seguidas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 1. Porcentaje de germinación inicial de semillas de *M. oleifera* por efecto de interacción variedad*sustratos.

Es posible, que las diferencias de germinación en el sustrato papel, correspondan a causas intrínsecas de cada variedad; sin embargo, para el sustrato arena la razón podría estar vinculada al peso que la arena mojada ejerce sobre la semilla, al ser un material de poca porosidad y

alta densidad de partícula (Pire y Pereira, 2003). Si se parte de la premisa que, para considerar la semilla germinada, las estructuras vegetativas deben irrumpir la capa de arena; posiblemente, la capa de arena, represente un obstáculo para las frágiles estructuras vegetales, a las cuales les resultaría difícil mostrarse rápidamente en la superficie; mientras que, en el papel las estructuras vegetativas no encuentran ningún obstáculo a superar y pueden crecer rápidamente.

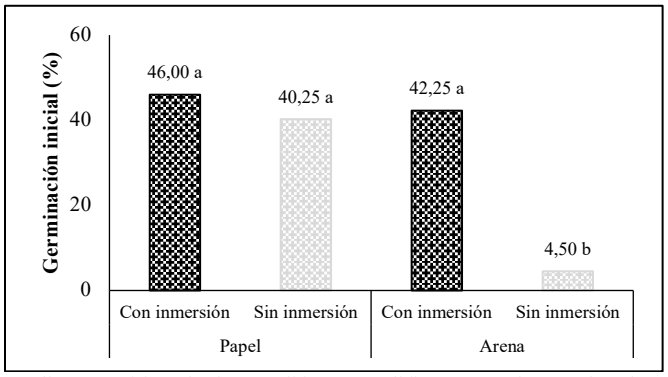
Algunas experiencias describen la arena como el material más favorable para evaluar calidad de semilla en cereales (Escobar, 1978), así también excelente para germinación en frutales –guayaba– (Méndez-Natera *et al.*, 2009); sin embargo, existen cultivos –cafeto y pino– que reportan ciertas limitaciones al intentar germinar en tal sustrato (Guevara *et al.*, 1997; Aparicio-Rentería *et al.*, 1999). A lo que todo indica, la semilla de *M. oleifera* en sustrato arena también puede presentar obstáculos, específicamente para la lectura inicial de germinación, al ser comparado frente al método con empleo de papel.

El porcentaje de germinación de 56,5% obtenido por "Supergenius" en papel en relación a la variedad "Criolla", muestra que las semillas de esta última, a pesar de tener misma edad de almacenamiento, posiblemente por ser de menor peso y tamaño reportan menor poder germinativo (29,75%), sin descartarse que también pudiese existir cierta dormancia o latencia natural, que retarda el proceso de germinación en este material genético; por otro lado, es de hacer notar que en el sustrato arena los porcentajes de germinación fueron bajos para ambas variedades "Supergenius" y "Criolla", de 24,75 y 22% respectivamente, lo que evidencia lo poco favorable del sustrato arena sobre todo para la variedad "Supergenius" en relación al de papel. Otros estudios comparativos entre genotipos de *M. oleifera*, también han reportado diferencias en germinación, con mayores porcentajes asociados a los grupos de semillas más pesadas (Contreras-Cisneros *et al.*, 2013; González-Luna, 2017).

Germinación inicial: Interacción inmersión*sustratos

Los porcentajes de germinación inicial –GIN– obtenidos para la interacción inmersión*sustratos, el desglosamiento de dicha interacción y la comparación de los valores promedios, permitió constatar por sustrato, efectos distintos del tratamiento pregerminativo de inmersión (Figura 2). En el sustrato papel hubo similitud estadística para los valores de germinación inicial en las semillas con y sin inmersión; mientras que, en el sustrato arena la germinación inicial (%) fue superior en las semillas de *M oleifera* tratadas por inmersión durante 12 h con respecto a las semillas no tratadas.

Para ambos sustratos, es posible distinguir la bondad ejercida por la inmersión, donde los porcentajes de germinación alcanzan 46,00 y 42,25%, respectivamente, comparados con 4,5% de germinación en el sustrato arena sin inmersión; sin embargo, fue en el sustrato arena donde ocurrió una notoria diferencia entre ambos tratamientos de inmersión.



Medias seguidas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

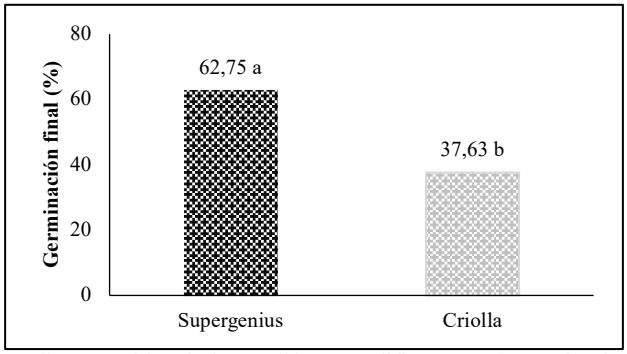
Figura 2. Porcentaje de germinación inicial de semillas de *M. oleifera* por efecto de interacción inmersión x sustrato

La deficiente capacidad de retener humedad que caracteriza a la arena (Pire y Pereira, 2003) explica el comportamiento diferenciado obtenido en este sustrato, donde las semillas no tratadas con inmersión presentaron notable déficit hídrico que provocó retardo en la activación de los mecanismos germinativos, con prolongación temporal de la fase crítica de imbibición (Doria, 2010).

A pesar de ser considerada una semilla ortodoxa, capaz de mantener viabilidad en el tiempo con muy bajos contenidos de humedad (De la Cruz, 2017), los resultados evidencian la necesidad de humedad suficiente en la semilla de *M. oleifera* para la rápida ocurrencia de la germinación, y por ende justifican los tratamientos pregerminativos –inmersión en agua o remoción de tegumento– practicados en investigaciones recientes (Barraza 2017; Romero-Marcano *et al.*, 2018; Luna 2019; Ontivero *et al.*, 2021), siendo la arena la condición más semejante al suelo –siembra directa– y al sustrato para contenedores en vivero.

Germinación final: Efecto de la variedad

El análisis de varianza (Cuadro 1) detectó diferencias altamente significativas entre las variedades de *M. oleifera* para la variable –GFI–; la comparación de los valores promedios para este efecto simple muestra que "Supergenius" difiere estadísticamente de la variedad "Criolla" que presentó el menor valor de germinación al final del periodo cuantificado (Figura 3).



Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

Figura 3. Porcentaje de germinación final de semillas de *M. oleifera* por efecto de la variedad

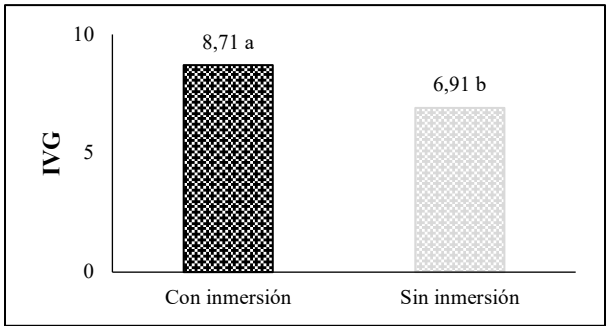
La inferioridad en germinación de la variedad "criolla" definitivamente está relacionada de forma directa con el menor tamaño y peso de semillas de este material genético, asociados con menor contenido de reservas nutritivas y por consiguiente menor vigor (Rendón *et al*., 2002); sin embargo, en *M. oleifera* el efecto parece ser más marcado en comparaciones *inter*-genotipo (Toral *et al*., 2013), pues las comparaciones *intra*-genotipo no han generado correlación definida entre peso de semilla y nivel de germinación (Valdés-Rodríguez *et al*., 2018); siendo muy variable el peso de la semilla según la porción del fruto donde sea ubicada (Mora-Cuadrado y García-Rodríguez, 2017).

De manera general se observa que ambas variedades presentaron niveles de germinación por debajo de los estándares de calidad de semillas, Ayala (2015) señala que las semillas utilizadas para la siembra deben presentar un porcentaje de germinación próximo al 100%, con exigencia mínima de germinación de 80%.

La literatura consultada para *M. oleifera* reporta porcentajes de germinación total muy heterogéneos, con valores que oscilan desde 10 hasta 100%, siendo más frecuentes los rangos por encima de 60% (Moroto *et al*., 2000; Padilla *et al*., 2012; Barraza 2017; González-Luna, 2017; Salgado y Salgado, 2017; Valdés-Rodríguez *et al*., 2018), tal variación es atribuida principalmente a la condición y tiempo post cosecha de almacenamiento de la semilla, que influye de forma considerable en la tasa de germinación final. Ruiz-Pérez *et al*. (2017); al ensayar con semillas almacenadas durante dos meses luego de la cosecha, obtuvo bajos rendimientos de germinación.

Índice de velocidad de germinación: Efecto de la variedad

El análisis de varianza (Cuadro 1) también detectó diferencia significativa entre variedades para la variable –IVG–; la comparación de promedios mostró nuevamente que "Supergenius" difiere estadísticamente de la variedad "Criolla" que igual presentó el menor valor de índice de velocidad de germinación (Figura 4).



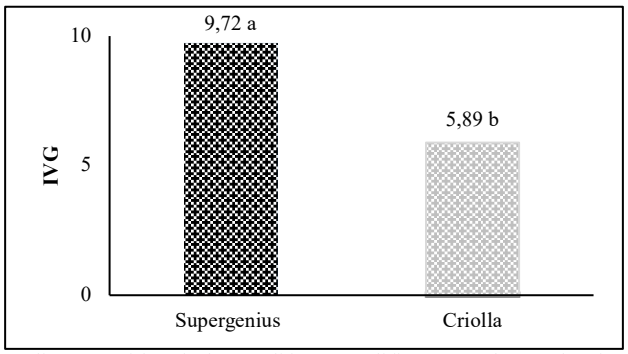
Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

Figura 4. Índice de velocidad de germinación de semillas de *M. oleifera* por efecto de la variedad

La velocidad de germinación es un parámetro que permite referenciar y comparar el vigor en lotes de semillas (Espitia *et al*., 2016), siendo consistente haber obtenido mayor IVG en el material genético Supergenius –con semillas más pesadas– que fisiológicamente se esperaba estuviese mejor preparado para el establecimiento (Galetti *et al*., 2013), pudiendo ser 65% más rápido en germinación que la variedad "Criolla".

Índice de velocidad de germinación: Efecto de la inmersión

En el resumen ANAVA (Cuadro 1) se detectó diferencia significativa para el efecto del tratamiento pregerminativo de inmersión en la variable IVG; siendo que, la comparación de los valores promedios muestra que las semillas sometidas a inmersión en agua corriente 12 horas previo a la siembra presentaron mayor índice de velocidad de germinación y difieren estadísticamente de las que no recibieron el tratamiento de inmersión (Figura 5).



Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

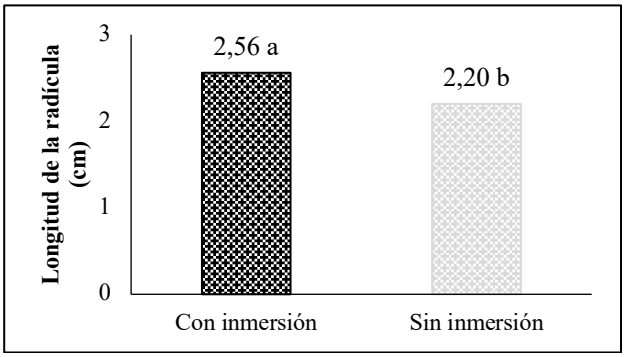
Figura 5. Índice de velocidad de germinación de semillas de *M. oleifera* por efecto de la inmersión

De acuerdo a Montejo *et al*. (2002), estos procedimientos activan reacciones metabólicas pregerminativas que aceleran la germinación, la auto reparación enzimática de las membranas celulares y numerosos mecanismos bioquímicos-fisiológicos de tolerancia al estrés ambiental.

Experiencias relacionadas con tratamientos pregerminativos de inmersión en agua a temperatura ambiente sugieren un beneficio al acelerar y uniformizar el proceso de germinación en semillas de árboles forrajeros (Gómez *et al*., 2009) y forestales (Quinto *et al.,* 2009) y en frutales asociados filogenéticamente al cultivo moringa (Gil y Miranda, 2011).

Longitud de raíces: Efecto de la inmersión

El resumen ANAVA (Cuadro 1) también mostró diferencias significativas en el efecto simple de la inmersión para la variable LRA; donde la comparación de valores promedios muestra que las semillas sometidas a inmersión en agua corriente 12 horas previo a la siembra presentaron mayor longitud de raíces y difieren estadísticamente de las que no recibieron el tratamiento de inmersión (Figura 6).



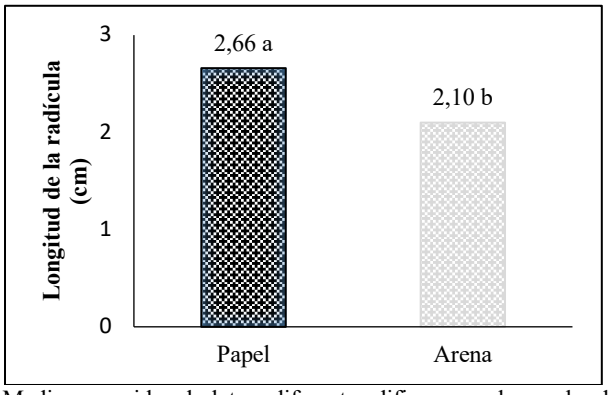
Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

Figura 6. Longitud de la radícula de plántulas de *M. oleifera* por efecto de la inmersión

Evidencias respaldan los efectos favorables del tratamiento pregerminativo en el desarrollo vigoroso de los tejidos iniciales, al ser comparados con grupos experimentales no tratados (Quinto *et al*. 2009; Valle-Moysén *et al*. 2017), siendo en ocasiones incluso un medio para probar el vigor en germoplasmas (Gallo *et al.,* 2019), lo que justifica aún más, el uso de estas técnicas al momento de establecer cultivos por semilla botánica.

Longitud de raíces: Efecto del sustrato

En el resumen ANAVA (Cuadro 1) se detectó diferencias significativas para el efecto sustrato en la variable LRA; siendo que, la comparación de los valores promedios para este efecto muestra que para el sustrato papel se presentó los mayores valores promedios de longitud de raíz y difieren estadísticamente de los valores obtenidos en la arena (Figura 7).



Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

Figura 7. Longitud de la radícula de plántulas de *M. oleifera* por efecto del sustrato de germinación.

Son notables los efectos limitativos que ejerce el sustrato arena a la semilla de *M. oleifera*, al restringir –por el peso sobre la semilla– la rápida erupción del epicotilo de la plántula; a ello se agrega que, moringa es una planta de crecimiento rápido, pero de estructuras iniciales blandas y muy delicadas, haciéndose conveniente germinarlas en soporte de papel. Aunado a ello, las características intrínsecas de esta semilla indican que, la inmersión ciertamente desempeña un papel particular al favorecer el proceso de la germinación (Montilla-Mota *et al*., 2017).

CONCLUSIONES

Es pertinente, colocar en inmersión por 12 horas las semillas de las variedades “Supergenius” y “Criolla” de moringa, previas a la realización de la prueba de germinación.

El sustrato papel, es el adecuado para realizar pruebas de germinación en semillas de moringa, de ambas variedades.

LITERATURA CITADA

Aparicio-Rentería, A; Cruz-Jiménez H y Alba-Landa J. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Sch et Cham, *Pinus montezumae* Lamb y *Pinus pseudostrobus* Lindl en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana*, 1(2):31-34.

Barraza, F. 2017. Germinación de semillas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en diferentes tiempos de imbibición en agua. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 20(1):71-77.

Bolarinwa, I; Aruna, T; Raji, A. 2017. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa

seed powder. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.002.

Bonal, R. R; Rivera, O. R; Bolívar, C. M. 2012. *Moringa oleífera*: una opción saludable para el bienestar. Revista MEDISAN, 16(10):1596-1599.

Carballo, N. 2011. Revisión Moringa. *Moringa oleifera*. Lam, el árbol de la vida. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en: http://www.es.scribd.com/doc/93794961/Revision-Moringa.

CLIMATE-DATA.ORG. 2020. DATOS CLIMÁTICOS MUNDIALES (en línea). Consultado 10 ene. 2021. Disponible en:https://es.climate-data.org/

Contreras-Cisneros, A; Trejo-Calzada, R; Reveles-Hernández, M; Ruiz-Torres, J; Pedroza-Sandoval, A; Ramos-Salazar, G; Sáenz-Ríos, P. 2013. Evaluación de la germinación de tres genotipos de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en la comarca lagunera. Artículo en extenso. Congresos I Internacional, IX Nacional REBIZA y VI Nacional orégano y otras aromáticas. Universidad autónoma Chapingo, México. 118-125.

COOPI. 2011. Comer del monte: La *Moringa oleifera* un árbol multiuso para el Chaco Central. Obtenido de Cooperación Internacional - Paraguay: http://www.desaprender.org/fileSendAction/fcType/5/fcOid/447440695142977788/fodoid/447440695142977787/Moringa%20Oleifera.pdf

De la Cruz, Y. 2017. Determinación de la viabilidad de semilla de *Moringa oleífera* Lam con tres diferentes contenidos de humedad durante cuatro meses en Pucallpa. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Ucayali.

Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar.

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales 31(1):74-85.

Escobar, R. 1978. Comparación de algunos métodos para la evaluación de la germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Costarricense*, 7-11.

Espitia, M.; Cardona, C.; Araméndiz, H. 2016. Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Córdoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient., 19(2):307-315.

Galetti, M; Guevara R; Côrtes M; Fadini R; Von Matter S; Leite A. LaBecca F; Ribeiro T; Carvalho C; Jordano P. 2013. Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. https://www.science.org/doi/10.1126/science.1233774.

Gallo, C; Arango, M; Craviotto, R; Cipollone, N; Pebacini, L; Miguez, L. 2019. Prueba de inmersión en agua en semillas de maíz para determinar el Vigor. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-oliveros.prueba-inmersion-agua-semillas-maiz-para-determinar-vigor.pdf.

García, D. E; Medina, M. G; Moratinos, P; Torres, A; Cova, L. J; Perdomo, D; Santos, O. 2009. Potencial forrajero para cabras de veinte especies leñosas en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical, 27(3):221-232.

Gil, A. I., & Miranda, D. 2011. Efecto de la temperatura, inmersión en agua y concentración de fitorreguladores sobre la germinación de semillas de papaya (*Carica papaya* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 2(1): 9–20. https://doi.org/10.17584/rcch.2008v2i1.1169

Gómez, I, Olivera, Yuseika, & Botello, A. 2009. Efecto de diferentes métodos de escarificación en la emergencia de semillas frescas de *Samanea saman* (algarrobo). Pastos y Forrajes, 32(4):1. Recuperado en 21 de diciembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000400004&lng=es&tlng=es.

González-Luna, H. 2017. Evaluación del comportamiento de siete progenies de *Moringa oleifera* Lam, en condiciones de plantación en la finca Santa Rosa, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Tesis para optar al título de Maestro en Ciencias en Manejo y conservación de los recursos naturales renovables. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 36p.

Guevara, E; Herrera, J y Alizaga, R. 1997. Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semilla de café caturra. *Agronomia Costarricense*, 21(2):207-216.

Hacisalihoglu, G. y Ross, Z. 2010. The influence of priming on germination and soil emergence of non-aged and aged annual ryegrass seeds. Seed Science Technology, 38:214-217

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA-. 2014. Rules proposals for the international rules for seed testing. Executive Committee. Bassersdorf, Switzerland. 53p.

Liñan, F. 2010. *Moringa oleifera*. El árbol de la nutrición. CSV, 2(1):130-138.

Londoño, P. y Mieres-Pitre, A. 2009. Caracterización físico-química de semillas de *Moringa oleifera*. Tomo II, VI Congreso de investigación. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. 1399p.

Luna, C. 2019. Establecimiento de un método eficiente de estandarización de la germinación in vitro de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Acta Botánica Mexicana* 126: e1496 | 2019 | 10.21829/abm126.2019.1496.

Méndez-Natera, J; Moreno, M y Moya, J. 2009. Efecto de diferentes combinaciones de sustratos (arena, suelo y/o bagazo de caña de azúcar) sobre la germinación de semillas y altura de plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.). Revista UDO Agrícola, 9(1):121-125.

Montejo, L; Sánchez, J; Muñoz, B. 2002. Incremento de la germinación en semillas de fruta bomba por aplicación de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación. Cultivos Tropicales, 23(4):27-31.

Montilla-Mota, JJ; Amundaray, WG; Gutiérrez, EC; Fernández-Jiménez, HG; Jiménez-Francisco, RA. 2017. Tratamientos pregerminativos en semillas de moringa y su efecto en variables agronómicas. Pastos y Forrajes, 40(3):188-194.

Mora-Cuadrado, R. y García-Rodríguez, J. 2017. Características físicas, capacidad de germinación y crecimiento en vivero de la *M. oleifera* Lam, bajo cuatro sustratos en el municipio de Turbo. (En línea). Consultado el 15 de oct. 2014. Disponible en: https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13840

Moroto, L; Cruz, E; Francaise, E; Driesche, V; Beckmans, S; Manso, M.J; Lazo, L; Rios C. y Machado. J.M. 2000. *Moringa oleifera* Lam. (Pterigosperma): Consideraciones sobre la presencia de lectinas. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y Arbustos en la ganadería Tropical". Tomo I. Est. Exp. Pastos y Forrajes, Matanzas, Cuba. pp. 215-217.

Mubvuma, M; Mapanda, S; Mashonjowa, E. 2013. Effect of storage temperature and duration on germination of moringa seeds (*Moringa oleifera*). Greener J. Agr. Sci., 3(5):427-432.

Nouman, W; Siddiqui, MT; Basra S, MA; Afzal, I; Rehman, H. 2012. Enhancement of emergence potential and stand establishment of *Moringa oleifera* Lam. by seed priming. Turkey Journal Agricultural and Forest, 36:227-235.

Ontiveros, Y; Garcia, D y Loiret, F. 2021. Evaluación del efecto de dos sustratos em el desarrollo de *Moringa oleifera* Lam (moringa) (Fam: Moringaceae) en condiciones de vivero. Cuban Journal of Agricultural Science, 55(2):1-11.

Padilla, C; Fraga, N; Suárez, M. 2012. Efecto del tiempo de remojo de las semillas de moringa (*Moringa oleífera*) en el comportamiento de la germinación y en indicadores del crecimiento de la planta. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 46(4):419-421

Pascua, G. K. 2014. Ensayo de cuatro procedencias de Marango (*Moringa oleifera* Lam.) en la Finca Santa Rosa Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Tesis Ing. Forestal. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 34 p. (en línea). Consultado 13 ene. 2021. Disponible en http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10p281.pdf.

Pérez, R. 2011. *Moringa oleífera*: Una alternativa forrajera para la producción de ovinos. México, Universidad Autónoma de Sinaloa. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327349981_Moringa_oleifera_una_alternativa_forrajera_para_ovinos

Pire, R y Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro, 15(1):55-63.

Quinto, L.; Martínez-Hernández, P; Pimentel-Bribiesca, L.; Rodríguez-Trejo, D. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 15(1):23-28. http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v15n1/v15n1a3.pdf

Rendón, J; García, B; Cuesta, Y; Areas, Y. 2002. Correlación entre el tamaño de la semilla, la dormancia, la germinación y el vigor de las plántulas de *Calophyllum pinetorum*. *Rev. Jar. Bot. Nac.*, 23(1):75-84.

Romero-Marcano, G., Silva-Acuña, R. y Sánchez-Cuevas, M. 2018. Tipos de sustrato y frecuencias de riego sobre características agronómicas de la moringa (*Moringa oleífera* Lamark) cv. Super Genius en condiciones de vivero. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela, 30:228-237.

Ruiz-Pérez, A; Araméndiz-Tatis, H; Cardona-Ayala, C. 2017. Efecto del almacenamiento en la calidad fisiológica de semilla de Moringa (*Moringa oleifera* Lam). *Rev. UDCA Act. Div. Cient.*, 20(1):79-89.

Salgado, C; Juarez, A y Salgado, C. M.D. 2017. Germinación de la semilla de marango (*Moringa oleifera* Lam.) a diferentes edades y aplicación de tratamientos pre-germinativos. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Trabajo de Graduación, Managua, Nicaragua. 28p.

Santos, A; Renata, S; Robério, A; Alexandro, S. 2011. Water pre-hydration as priming for *Moringa oleifera* Lam. Seeds under salt stress. Tropical Subtropical Agroecosystems, 14:201-207.

Toral, O; Reino, J; Santana, H y Cerezo, Y. 2013. Caracterización morfológica de ocho procedencias de *Moringa oleifera* (Lam.) en condiciones de vivero. Pastos y Forrajes, 36(4):409-416.

Valdés-Rodríguez, O; Pérez-Vásquez, A; Muñoz-Gamboa, C. 2018. Efecto de peso y talla de semilla sobre plántulas de *Moringa* y *Ricinus*. *Revista Mexicana de Ciências Agrícolas*, 9(7):1411-1422.

Valdivia, G; Pérez, H; Ochoa, G; Vargas, S; Mendoza, C. 2010. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. (En línea). Consultado el 4 marzo 2015. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712011000100005

Valle Moysén, R; Covarrubias Prieto, J; Ramírez Pimentel, J; Aguirre Mancilla, C; Iturriaga de la Fuente, G; Raya Pérez, J. 2017. Efecto del osmoacondicionamiento sobre la germinación del maíz tipo palomero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(2), 307-319. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.52.

Villarreal, G y Ortega, A. 2014. Revisión de las características y usos de la planta *Moringa oleífera*. Universidad de Cartagena. Investigación & desarrollo, 22(2):309-330.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

ANÁLISIS QUÍMICO DE COLÁGENO EN PIEL DE COLA DE ATÚN (*Thunnus atlanticus*) EN MEDIO ÁCIDO

CHEMICAL ANALYSIS OF COLLAGEN IN TUNA TAIL SKIN (*Thunnus atlanticus*) IN AN ACID MEDIUM

Shailili Moreno Morales[1], Ana Chacón[2], Maj Mostue[2], José Prin[3]

[1]Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Av. Quito km. 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Ecuador, CP 120301
[2]Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela, CP 6101
[3]Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas ¨Dr. Suan Tai¨, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela, CP 6101

Email: smorenom2@uteq.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
15/03/2023

Aceptado:
28/06/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
14(1):47-55

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.364

Resumen

El colágeno es la proteína más abundante de origen animal. Esta investigación se realizó con el objetivo de extraer colágeno funcional de la piel de la cola de atún, se utilizó muestras comerciales de Cumaná, Venezuela. Se optimizó el método de extracción en medio ácido, obteniendo colágeno soluble con una concentración de ácido acético del 1,5% y cumpliendo con los estándares de pH establecidos. Se empleó espectrometría de emisión óptica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) se identificaron metales como cobalto, plomo, carbono, níquel, silicio, manganeso, hierro, cromo y cobre, siendo el hierro, manganeso y silicio los más abundantes. Los aminoácidos característicos del colágeno, glicina y prolina, estaban presentes en las muestras. Estas propiedades del colágeno presente en la piel de la cola de Atún pueden contribuir a disminuir la contaminación en zonas costeras y tienen potencial en la producción de colágeno.

Palabras clave: Atún, *Thunnus atlanticus*, colágeno, hidrolizados colagénicos, residuos pesqueros.

Abstract

Collagen is the most abundant protein of animal origin. This research was carried out with the objective of extracting functional collagen from the skin of the tuna tail, using commercial samples from Cumaná, Venezuela. The extraction method in an acid medium was optimized, obtaining soluble collagen with a 1.5% acetic acid concentration and complying with the established pH standards. Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) was used to identify metals such as cobalt, lead, carbon, nickel, silicon, manganese, iron, chromium, and copper, with iron, manganese, and silicon being the most abundant. The characteristic amino acids of collagen, glycine and proline, were present in the samples. These properties of the collagen present in the skin of the tuna tail can contribute to reduce pollution in coastal areas and have potential in the production of collagen.

Keywords: Tuna, *Thunnus atlanticus*, collagen, collagen hydrolysates, fish waste.

INTRODUCCIÓN

Las proteínas son macromoléculas poliméricas formadas por unidades estructurales denominadas aminoácidos (AA), y representan un macronutriente esencial para el crecimiento y mantenimiento de las estructuras corporales (Rubio *et al.*, 2017). Las proteínas de origen vegetal ofrecen beneficios para el medio ambiente y también para la salud, sin embargo, tienen menor efecto anabólico que las proteínas animales (Zhang *et al.*, 2019).

Gracias a sus características químicas únicas, el colágeno se ha utilizado en diversos campos de la industria; actualmente tiene aplicaciones muy importantes en materiales biomédicos, en farmacéutica, cosmética y en alimentos, entre otros (Velarde-Rodríguez *et al.*, 2015).

El colágeno nativo procedente de tejidos animales ricos en esta proteína permite obtener hidrolizados colagénicos, cuya ingesta ejerce efecto positivo sobre las patologías osteoarticulares degenerativas y el envejecimiento dérmico (Figures y Basés, 2015).

Es evidente la importancia de la producción de colágeno, ya que es una materia prima óptima para productos cosméticos y farmacéuticos, y también es un componente principal de productos de mayor valor agregado, como los que son aplicados en la ingeniería de tejidos y el tratamiento de heridas. Para estas aplicaciones tradicionalmente se ha empleado el colágeno de origen bovino y porcino, pero ya se han realizado diversos análisis de la utilización de fuentes diferentes como la piel de pescado (Cori *et al.*, 2022). En muchos productos se ha sustituido el colágeno bovino por el de origen marino, ya que tiene mayor disponibilidad en contraposición con el colágeno tradicional de origen bovino (Quintero y Zapata, 2017).

Como proteína estructural, el colágeno es un producto con demanda creciente. La principal fuente de extracción de colágeno ha sido hasta el momento de los residuos del beneficio de especies bovinas y de la piel, huesos y cartílagos de cerdo (Schoenfeld, 2020). Estas fuentes tradicionales de colágeno presentan dificultades y son inapropiadas para muchos grupos religiosos y étnicos, debido a limitaciones socio-culturales. En el caso del judaísmo y el islam se prohíbe el consumo de productos relacionados con el cerdo, y para los hindúes el consumo de productos relacionados con las reses, y también se ven restricciones en su consumo por condiciones de salud, ya que, se teme ante enfermedades como la encefalopatía espongiforme bovina y la fiebre aftosa (Alvarado-Ortiz, 2021). Otro tipo de limitación son los costos de obtención de colágeno de bovinos, ya que se ve afectado por el alto valor que tiene el levante de este tipo de animales y de la baja productividad en colágeno.

Debido a la problemática anterior, la comunidad científica se ha propuesto investigar y encontrar fuentes alternativas de materia prima para la obtención de colágeno; estudiando aquellas que provienen del medio acuático y a los residuos que generan las empresas procesadoras de pescados, tales como pieles, huesos, vísceras y escamas (Zanfrillo *et al.*, 2022).

El colágeno de piel de pescado ha tomado mucha importancia y, a la vez, se ha convertido en una solución al problema ambiental de las empresas de procesamiento de pescado. En la producción de filete, se generan diferentes residuos, como son la piel, los huesos, escamas, vísceras y cabeza, los que constituyen entre un 50-70% del peso total de la materia prima. Al aumentar la producción de filete es evidente que también habrá un aumento en la generación de residuos (García-Sifuentes *et al.*, 2020).

Estos desperdicios generan grandes problemas ambientales, ya que muchas plantas de procesamiento no realizan un manejo adecuado, por lo que, afectan principalmente a las fuentes de agua. En la mayoría de las plantas que se dedican al procesamiento de pescado, los residuos son enterrados o vertidos a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento. Las plantas procesadoras de mayor tamaño los utilizan en la elaboración de harina de pescado y productos de consumo animal. En términos generales, por falta de procesadoras con adecuadas normas ambientales y procesos estandarizados, los residuos son considerados sin ningún valor y manipulados inadecuadamente. Entre los desperdicios, la piel es el de mayor importancia y potencial, ya que constituye aproximadamente el 30% y además es considerada rica en colágeno, por lo cual llama la atención como fuente de esta proteína (Gómez *et al.*, 2022). El colágeno presente en la piel de los residuos pesqueros, es una proteína importante y aprovechable, como material de armazón que de forma y resistencia estructural. La piel tiene un 74% de colágeno Tipo I (Devlin, 2019).

El *Thunnus atlanticus*, es una especie de atún cuya clasificación científica lo ubica en el reino: Animalia; filo: Chordata; clase: Actinopterygii; orden: Perciformes; familia: Scombridae; Género: Thunnus y especie: atlanticus. Estos peces tienen características morfológicas que les permiten ser buenos nadadores; con cuerpo fusiforme, cabeza pronunciada en forma de pirámide triangular, y su piel está lubricada con un "mucus" que reduce la fricción con el agua (Saillant *et al*., 2022). Se encuentra distribuido en todos los mares del mundo, su pesca y consumo es creciente y la industria pesquera no hace uso eficiente de las colas de atún, estas son generalmente desperdiciadas y, con ellas, la piel que las recubre.

Con base en lo expuesto, se realizó un estudio de la extracción de colágeno soluble en ácido acético en la piel de la cola de atún, así como como de algunas características químicas de este biomaterial, procesada en las industrias pesqueras asentadas en la ciudad de Cumaná, estado Sucre; lo cual propiciará su uso en la industria como un material tecno-funcional, aportando información para darle valor agregado a estos residuos mediante la obtención de productos como el colágeno o los hidrolizados colagénicos y, de esta manera, impulsar un desarrollo sustentable y redituable, en un futuro cercano, de estos desechos que representan hasta ahora un pasivo ambiental las zonas costeras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron ejemplares de atún comercial del mercado municipal de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Seleccionando los de edad adulta (longitud entre 70 y 90 cm, medidos desde la boca hasta la aleta

caudal). Para la extracción del colágeno se procesaron las pieles de tres colas, cortando y separando los residuos de tejido muscular, por raspado con un cuchillo, luego fueron cortadas, lavadas con agua destilada, y guardadas bajo refrigeración (5°C, 24h).

La investigación experimental optimizó el método extracción del colágeno (Córdova y Solari, 2015). Se lavaron 6 muestras de piel de 3,0 g c/u con dos porciones de 20 mL de solución de NaCl 0,15 mol/L, tres de estas muestras se suspendieron c/u en 30 mL de ácido acético 1,5 %v/v, mientras que las otras 3 se suspendieron en el mismo volumen de solución de ácido acético, pero de concentración 5,0 % v/v, y se refrigeraron a 5 °C por 48 horas. Todas las soluciones se filtraron y los residuos insolubles se extrajeron secuencialmente (4 veces) por 24 horas. Se reunieron los filtrados y el colágeno se precipitó con NaCl 2,0 mol/L. La separación del colágeno soluble en ácido se realizó por centrifugación (T: 20°C - 5°C, 5 min a 2000rpm). De esta forma se obtuvo el colágeno nativo, manteniéndose bajo refrigeración hasta su purificación.

Los diferentes extractos colagénicos se dializaron utilizando papel celofán incoloro sumergido en agua destilada fría (10°C), utilizando un sistema de mezclado continuo con agitador magnético (1000 rpm) durante 4 horas, y cambiando el agua cada hora; se monitoreó el contenido salino del agua del lavado por reacción con $AgNO_3$. Las muestras purificadas se guardaron bajo refrigeración para los análisis posteriores.

Se determinó el % de humedad y los residuos sólidos por gravimetría. El pH se midió con un pHmetro, marca Denver modelo Ultra Basic, y el análisis por ICP-OES, con un espectrómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente, marca Perkin Elmer modelo Optima 5300 DV.

El colágeno se hidrolizó mediante reflujo por una hora a 100°C, con HCl 19,0 % v/v. El hidrolizado se refrigeró para realizar análisis de aminoácidos por cromatografía de papel, e identificar glicina y prolina en las muestras por comparación de los factores de retención (Rf) experimentales con los teóricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La piel se extrajo bajo dos concentraciones diferentes de acidez (1,5 y 5,0% v/v) y se realizaron 4 extracciones sucesivas (una por 48 h y las otras cada una por 24 h). Durante las primeras 48 horas del proceso se produjo un hinchamiento, causado por la separación entre el colágeno y el resto del tejido de la piel, con CH_3COOH. Los solventes ácidos diluidos son usados en la metodología básica de Sykes y Bailey (1971), siendo el acético, clorhídrico o la solución amortiguadora de citrato, los más utilizados para disolver la mayor parte del colágeno nativo, aunque se limita a la porción de colágeno no entrecruzado, con excepción de las fibras entrecruzadas, que pueden estar prevalentes debido a su labilidad frente al pH del solvente (3.0), el cual disocia a dichos enlaces y por efectos de las fuerzas repulsivas de las cadenas de la triple hélice, causan el hinchamiento de las estructuras fibrilares (Zhao *et al.*, 2021). En esta investigación se logró extraer el colágeno nativo de la piel de atún en CH_3COOH diluido (1,5 y 5,0% v/v). Por lo tanto, se solubilizó el colágeno con ácido acético 1,5% v/v y de modo contrario con concentraciones más altas, 5,0% v/v se debilitaron las uniones hidrófobas dentro de la triple hélice o tropocolágeno, ya que estas interacciones entrecruzadas son menos lábiles que aquellas encontradas en el exterior de estas fibras y quedaron sujetas a la alta concentración del solvente de extracción. Con base en esto, se puede inferir que el extracto colagénico con mayor porcentaje fue el extraído con CH_3COOH diluido a 1,5% v/v.

En el extracto colagénico obtenido con CH_3COOH al 5,0% v/v, en primer lugar, se precipitó menor cantidad con respecto al colágeno extraído a 1,5% v/v y se solubilizó en agua a temperatura ambiente formando un gel con mucha facilidad; esto se debe a que al aumentar la concentración de ácido se originó una posible desnaturalización parcial del colágeno. Cuando este proceso ocurre, la triple hélice α pierde su estructura helicoidal por la disociación de los enlaces de hidrógeno entre las cadenas polipeptídicas (Vitale *et al.*, 2019).

En el proceso de obtención de los extractos colagénicos, solubles en ácido acético (CH_3COOH) a 1,5 y 5,0% v/v, se tomaron en cuenta varias consideraciones. Los métodos utilizados habitualmente para la separación de proteínas puras se basan en su distinta solubilidad a determinadas condiciones: concentración de reactivos, temperatura, pH próximo o alejado de su punto isoeléctrico y la fuerza iónica del medio, de modo que, por regla general se favorece la eliminación de materiales no colagenosos, que pueden interferir en el proceso.

En este estudio los residuos no colagenosos fueron removidos de la materia prima con lavados de solución de hidróxido de sodio 0,1 mol/L, previo a la extracción de la muestra. Otros trabajos de investigación han reportado lavados con las mismas soluciones variando el tiempo de exposición y la concentración de la base (Quintero y Zapata, 2017).

El promedio del porcentaje de humedad obtenido para los extractos colagénicos de 1,5 y 5,0% v/v en ácido acético se observa en el Cuadro 1, así como el % de residuos y pH.

Cuadro 1. Contenido de agua y de materia seca del colágeno de la piel de la cola *T. atlanticus* soluble en ácido acético.

Concentración del CH_3COOH (% v/v)	Repetición en la medida	% humedad	% residuos sólidos	pH
1,5	1	92,420	7,58	3,39
	2	88,480	11,52	
	3	89,260	10,74	
Promedio	-	90,053	9,937	-
5,0	1	89,330	10,670	2,55
	2	91,150	8,850	
	3	92,433	7,567	
Promedio	-	90,971	9,029	-

Igual que en los alimentos, la determinación del contenido de agua, analíticamente llamado humedad, es uno de los análisis más importantes, utilizados en el proceso y control de productos de origen natural para su comercialización, debido a que se garantiza su estabilidad. Se determina por la pérdida de la masa que sufre el alimento cuando se somete a una combinación de tiempo y temperatura, y el material que se obtiene se conoce como residuo sólido. El porcentaje de humedad varía entre un 60 y 95% en los alimentos naturales (Tirado *et al.*, 2015).

El promedio del porcentaje de humedad obtenido para los extractos colagénicos de 1,5 y 5,0% v/v en ácido acético fue de 90,053 y 90,971% respectivamente (Cuadro 1), estos resultados son similares a los reportados para diferentes tipos de alimentos naturales (Tirado *et al*., 2015) e hidrolizados de colágenos de origen marino (Daza y Rodríguez, 2017).

Existe mayor porcentaje de humedad en el producto que se extrajo a concentración de ácido 5,0% v/v y esto implica que contiene menor cantidad de residuos sólidos (9,029%), mientras que el colágeno que se solubilizó en ácido con menor concentración presentó mayor porcentaje de materia seca (9,937%) y menor porcentaje de humedad. Por otro lado, el pH y la fuerza iónica son factores muy importantes que pueden afectar esta solubilidad del colágeno, es decir, se debe tener en cuenta que la solubilidad del colágeno es generalmente mínima a pH isoeléctrico (6,6) y aumenta en torno a este punto al aumentar o disminuir el pH del medio. Por otro lado, esta proteína es soluble a fuerza iónica baja, mientras que precipita a fuerza iónica elevada (Devlin, 2019).

Entre los requisitos fisicoquímicos del colágeno según la Norma Técnica Colombiana, NTC 3750 (1995) para uso cosmético, el pH requiere valores de 3-4, por lo que el colágeno extraído con ácido acético 1,5% v/v de la piel de cola del *T. atlanticus* satisface esta norma, que es la mínima que debe cumplirse para aplicarse en productos cosméticos. El pH del colágeno extraído con ácido acético a 1,5% v/v fue 3,39 y el 5,0% v/v de 2,55, el primero presentó insolubilidad en agua y el segundo fue parcialmente hidrosoluble. Esta condición se debe a que el colágeno obtenido a 5,0% v/v se encontró más alejado del pH isoeléctrico (Devlin, 2019). Esta proteína tiene gran importancia en la industria farmacéutica y cosmética para la prevención y tratamiento de arrugas, en la producción de parches para heridas y en el desarrollo de medicamentos con liberación de los principios activos.

Análisis elemental cualitativo del colágeno por Espectroscopia de Emisión Óptica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICPOES)

El término "metal pesado" se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuya masa específica es superior o igual a 5,0 g/cm^3 cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y alcalino-térreos (Londoño-Franco *et al.*, 2016). El término resulta impreciso si se tiene en cuenta las propiedades físico-químicas de los elementos, especialmente las propiedades iónicas que definen la capacidad de acomplejamiento y las propiedades biológicas. La denominación de metal pesado puede ser utilizada para referirse de forma global a cualquier metal que sea contaminante ambiental. Junto a estos, hay otros elementos químicos que, aunque son metaloides, se suelen clasificar como metales pesados por presentar orígenes y comportamientos asociados, como el caso del astato y antimonio (Cazorla *et al*., 2022).

En los seres vivos, se diferencian dos grupos de metales pesados: los esenciales y no esenciales, aunque el límite entre ambos grupos no está claramente delimitado y la lista de elementos biológicamente importantes aumenta con el tiempo (Heredia, D. R., 2021). Se reconocen como elementos esenciales al: Fe, Mn, Zn, Cu, Co y Mo, como elementos beneficiosos al Ni y Cr, y se consideran que no tienen ninguna función biológica elementos como: Cd, Hg, As y Pb (Duguma y Janssens, 2021). Los metales pesados, ya sean esenciales o no, pueden llegar a ser tóxicos cuando su aporte es excesivo y afectan negativamente el crecimiento y reproducción de los organismos, pudiendo causarles incluso la muerte (Céspedes *et al.*, 2022).

Según el análisis cualitativo por ICP-OES se encontró presencia de Co, Pb, Cd, Ni, Si, Mn, Fe, Cr y Cu y ausencia de los elementos Hg, Zn y Al en las muestras de colágeno.

De igual manera, el análisis cualitativo de metaloides (Al), metales (Zn, Pb, Co, Cd, Cr, Hg, Ni, Fe, Cu, Mn) y no metales (Si) realizado al colágeno extraído con los dos tratamientos, permitió determinar la presencia de algunos elementos en las dos muestras de colágeno extraída (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis cualitativo por ICP-OES de varios elementos en colágeno de la piel de la cola de atún (*T. atlanticus*) en ácido acético.

Elemento	Colágeno soluble en CH_3COOH (1,5% v/v)	Colágeno soluble en CH_3COOH (5,0% v/v)
Zn	-	-
Pb	+	+
Co	+	+
Cd	+	+
Ni	+	+
Fe	+	+
Si	+	+
Hg	-	-
Mn	+	+
Cr	+	+
Cu	+	+
Al	-	-

Esta investigación muestra que, a través de la extracción del colágeno se puede deducir que la piel contiene los elementos determinados y que fueron solubilizados durante el proceso de extracción con ácido acético 1,5 y 5,0% v/v. No se puede referir el grado de toxicidad solo con este análisis cualitativo, ya que sería necesario cuantificar estos metales y compararlo con los estándares permitidos por las normas nacionales e internacionales para metales pesados. No se encontraron referencias bibliográficas sobre determinación de elementos en colágeno de organismos acuáticos para comparar estos resultados.

El hierro es un elemento esencial para el funcionamiento de órganos y tejidos de animales superiores, incluyendo peces, debido a su papel importante en el transporte de oxígeno y la respiración celular. Los peces pueden absorber hierro soluble del agua por la membrana branquial y la mucosa intestinal (Rodríguez y Botero, 2015). Sin embargo, debido a las bajas concentraciones de hierro soluble, el alimento es considerado como la mayor fuente de hierro para los peces en aguas naturales (González-Acosta y Rosado-Puccini, 2022). Algunos residuos de vasos capilares quedan adheridos a la piel durante el proceso de limpieza, y con ello el hierro detectado en las muestras de colágeno.

El hierro, también tiene una función de mayor importancia en la síntesis del colágeno. En otras proteínas raramente se encuentran residuos de los aminoácidos hidroxiprolina e hidroxilisina, pero sí se hallan en el colágeno. Se ha demostrado que estos aminoácidos especiales no se incorporan al colágeno durante la síntesis proteica, sino que se producen por acción de la prolilhidroxilasa en presencia de α-cetoglutarato, Fe^{+2}, O_2 y ácido ascórbico. El carbono δ de un residuo de lisina puede ser hidroxilado en una reacción catalizada por la lisilhidroxilasa, dando un residuo hidroxilisina en una reacción muy similar a la hidroxilación de la prolina. Esto es necesario para que tenga lugar el extenso entrecruzamiento que se producen en las fibras de colágeno mientras se ensamblan en el espacio extracelular. La hidroxilisina se encuentra tanto en la región helicoidal como en las pequeñas zonas no helicoidales terminales, donde tiene un importante papel en la formación de interacciones cruzadas intermoleculares (Salvador-Clavell, 2020).

Con respecto al silicio (Si), este es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre. La evidencia de este en diferentes estudios de tejidos sugiere que el silicio es importante en la formación de los huesos de los animales. Además, las investigaciones veterinarias y con animales de laboratorio, han arrojado como resultado que este elemento es necesario para la síntesis del colágeno, pero se desconoce aún el mecanismo por el cual lo efectúa, ya que no existe hasta ahora interés en este sentido (Ríos *et al.*, 2020). La presencia del silicio en la piel del *T. atlanticus* es un indicio de la importancia que debe tener este elemento en la estructura molecular del tejido en estudio.

Algunos organismos como por ejemplo la esponja *Tethya aurantia*, son llamadas esponjas silíceas, ya que depositan sílice en espículas que le dan soporte y la defienden contra depredadores; por ello se podría inferir que el *T. atlanticus* también podría contener en su estructura de su piel silicio unido al colágeno para producir un polímero parecido a los polisiloxanos, comercialmente conocidos como siliconas, este tipo de polímero está formado por oxígeno, silicio y como grupos laterales, radicales orgánicos diversos. Los enlaces silicio-oxígeno son fuertes y la cadena que forman es muy flexible lo que explicaría en buena medida las propiedades de estos polímeros (Miraldo, 2018). El colágeno es una proteína con características especiales que sirve de soporte, protección y fuerza a los tejidos donde se encuentra. La piel es el tejido de mayor longitud que se encuentra en el *T. atlanticus* y sus características físicas varían dependiendo de la zona corporal del pez, por ejemplo, el área de la cola es densa en comparación con la del estómago, por lo tanto. tendrán funciones distintas en este organismo (Salas y del Río, 2018).

El Mn es uno de los metales que también se encontró en las muestras de colágeno. Su presencia es muy importante en la síntesis del mismo. Es el cofactor metálico que junto a las enzimas glucosil y galactosil transferasas producen los enlaces entre los restos de hidroxilisina, con una unidad de un disacárido formado por un residuo de glucosa que está unido por un enlace (1α→2) a un residuo de galactosa. La galactosa, a su vez, está acoplada a un grupo hidroxilode la hidroxilisina por un enlace glucosídico 1-β. Aunque la acción de estos disacáridos en la molécula de colágeno es todavía desconocida, se cree que interviene dirigiendo la ordenación de las fibrillas (Salvador-Clavell, 2020).

Entre los metales pesados que generarían mayores problemas de toxicidad se encuentran: Cd, Cr, Pb, Hg, Ni y Zn. Estos elementos pesados a nivel de los peces, pasan al agua, son absorbidos por los microorganismos del plancton o las algas y de ahí a los peces pequeños, y así al de mayor tamaño que se comen a los pequeños. Cuando consumimos pescados contaminados los metales que contienen llegan de este modo a nuestro organismo (Cazorla *et al.*, 2022).

Según el análisis de ICP, el mercurio, cinc y aluminio no se encontraron presentes en los extractos colagénicos. Es muy importante esta observación debido a que el Zn y el Hg, generarían toxicidad si estuvieran presentes en altas proporciones. El Co, se considera un elemento esencial y es importante porque cumple varias funciones biológicas, mientras que el Pb y Cr, son elementos no esenciales, por lo tanto, su toxicidad dependerá de su evaluación cuantitativa. Con relación a este trabajo de investigación se puede señalar que la piel y por ende el colágeno del *T. atlanticus* contiene casi todos los elementos químicos analizados. El atún es un pez que crece de gran tamaño por lo que al consumir peces pequeños que habitan en aguas que contienen elementos químicos, esto ocasionaría la bioacumulación de los mismos por efecto de su magnificación. A efectos del consumo humano, el contenido de metales en peces se encuentra regulado. Entre los organismos internacionales que norman estos parámetros en peces se encuentra el Codex Alimentarius, según Alinorm 93/18 (Fernández y Ghiazza, 2015).

Análisis cuantitativo de plomo (Pb) por ICP-OES

En el cuadro 3, se encuentran los niveles de plomo, reportados como el promedio de tres mediciones por muestra, de los extractos colagénicos obtenidos en ácido acético 1,5 y 5,0% v/v.

Cuadro 3. Análisis cuantitativo de plomo (ppb) por ICP-OES en los extractos colagénicos solubles en ácido acético 1,5 y 5,0% v/v

Longitud de onda Pb (220,353 nm) µg/kg de colágeno	
CH_3COOH 1,5% v/v	CH_3COOH 5,0% v/v
0,0851+/- 0,0001	0,1058+/- 0,0001

Según la FAO/OMS del Codex Alimentarius Commisión el nivel límite de Pb es de 0,1 mg/kg en tejido muscular de atún, mientras que el de la Unión Europea (Reglamento, CE N° 1881/2006 modificado por el CE N°629/2008) es de 0,3 mg/kg y de 0,5 mg/kg, adoptado por la mayoría de los países para el consumo humano. Estos límites no se pueden comparar con los que se obtuvieron en este estudio, ya que los valores de plomo están reportados en función de los Kg de colágeno y no del tejido.

A pesar que no existen referencias bibliográficas científicas, con respecto a los niveles de plomo en el colágeno de piel de peces, al hacer la comparación con los niveles de Pb del tejido muscular según todas las normas mencionadas anteriormente, se pudo observar que en ambas muestras estudiadas (1,5 y 5,0% v/v) los valores fueron 0,0851 y 0,1 µg/kg respectivamente, los cuales estuvieron muy por debajo de los límites reportados, esto quiere decir, que a pesar de que el plomo es extraído desde la piel hacia el colágeno, no representa un potencial problema de toxicidad y este material podría ser utilizado como un producto a nivel farmacológico, cosmetológico o en cualquier otra área clínica que se ha venido evaluando.

Cromatografía de papel

En la cromatografía radial sobre papel de filtro realizada a las dos fracciones de colágeno, se observaron dos manchas significativas, una de color rosa-lila intensa, y la otra de color amarillo pálido, correspondientes a glicina y prolina respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de los Rf de los aminoácidos patrones y de los colágenos

Aminoácido	Rf patrones	Rf colágeno 1,5% v/v	Rf colágeno 5,0% v/v
Glicina	0,38	0,30	0,28
Prolina	0,50	0,48	0,42

El desarrollo de la cromatografía radial sobre papel de filtro realizada a las dos fracciones de colágeno (1,5 y 5,0% v/v en ácido acético), permitió observar dos manchas significativas, una de color rosado-lila intensa, y la otra de color amarillo pálido. La primera mancha identificada corresponde a la glicina, por ser este el aminoácido que se encuentra en mayor cantidad en el colágeno y que es determinante en la caracterización de la proteína. Así mismo, la mancha de color amarillo corresponde a la prolina, evidenciando que posiblemente en la secuencia repetitiva de la cadena polipeptídica G-X-Y (Devlin, 2019) aminoácido X puede ser la prolina.

Los Rf de la prolina fueron: 0,5; 0,48 y 0,41 para: el patrón, colágeno soluble en ácido acético 1,5% y colágeno soluble en ácido acético 5,0% v/v, respectivamente. Esta ligera variación puede deberse a que el colágeno de los tejidos tiene diferentes comportamientos en el medio, por lo tanto, un componente puede tener mayor o menor polaridad con el solvente dependiendo de la pureza del colágeno (Matsuhiro y Meza, 2019).

CONCLUSIONES

Se optimizó el proceso de extracción del colágeno de la piel de la cola de atún (*T. atlanticus*), obteniendo las mejores propiedades fisicoquímicas del colágeno cuando se usa para la extracción ácido acético al 1,5% v/v y la

precipitación con NaCl a 2,0 mol/L, en lugar del uso de ácido acético 5,0% v/v.

El colágeno soluble en CH_3COOH 1,5% v/v presentó menor % de humedad y mayor contenido de residuos sólidos, así como también un pH apropiado para ser usado como producto cosmetológico según las NTC.

El análisis cualitativo de elementos encontrados por ICP-OES (Fe, Mn, y Si), muestra que pueden estar acumulados en la piel para realizar algunas funciones básicas propias del colágeno. Mientras que el contenido de plomo no presentó valores que indicaran toxicidad, según los estándares de calidad.

Con base en la cromatografía radial de papel se identifican los aminoácidos glicina y prolina en ambas muestras, lo que indica que se extrajo colágeno en la piel del *T. atlanticus* y con posible secuencia repetitiva de los aminoácidos Gly-Pr-Y, en la estructura base del colágeno. Finalmente, la obtención de colágeno a partir de residuos, como la piel, provenientes del procesamiento del pescado, puede ser aprovechado para beneficiar a la industria de alimentos, cosmetológica y aquellas dedicadas a la elaboración de materiales biomédicos, de esta manera los pasivos ambientales derivados de las empresas atuneras podrían originar productos de mayor valor agregado y a la vez, solucionar un problema de contaminación.

LITERATURA CITADA

Alvarado-Ortiz Ureta, C. 2021. Las religiones: Su influencia en la alimentación.

Cazorla, D., Gaibor, L., López, J., Medina, Y., y Perlaza, L. 2022. El enfoque ecosistémico en salud humana como estrategia para el abordaje metodológico del estudio de las relaciones entre el ambiente agrícola, los metales pesados y la salud humana. UTCiencia" Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo", 9(1):27-46.

Córdova, J., & Solari, A. 2015. Extracción de colágeno proveniente de residuos del procesamiento de *Engraulis ringens* "Anchoveta".

Cori, V. L. M., Mendieta, S. G. V., y Lizarraga, G. A. C. 2022. Producción de hidrogeles para la cicatrización de heridas superficiales de la piel. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.

Daza, T., y Rodríguez, W. 2017. Obtención y caracterización de un hidrolizado de colágeno purificado producido mediante el uso de la enzima delvolase. Anales Científicos, 78 (2):251-259.

Devlin, T. 2019. Bioquímica con aplicaciones clínicas (quinta ed.). Barcelona: Reverté.

Duguma, B., y Janssens, G. P. 2021. Comparative evaluation of mineral status of soils under waterlogging and non-waterlogging grazing lands during the main rainy season in Jimma, Oromia Regional State, southwestern Ethiopia. Arabian Journal of Geosciences, 14(16):1-12.

Fernández, L. E., y Ghiazza, A. E. 2015. Desarrollo de producto envasado a base de pescado (Doctoral dissertation, Universidad Argentina de la Empresa).

Figures, T. y Basés, E. 2015. Revisión de los efectos beneficiosos de la ingesta de colágeno hidrolizado sobre la salud osteoarticular y el envejecimiento dérmico. Nutrición Hospitalaria, *32* (1): 62 – 66.

García-Sifuentes, C. O., Scheuren-Acevedo, S. M., y Zamorano-Apodaca, J. C. 2020. Explorando diferentes subproductos considerados como residuos por la industria pesquera en México. Biotecnia, 22(2):61-69.

Gómez, G. D. C. J., Lara, L. M., y Valenzuela, M. M. 2022. Categorización de residuos de pescado para la elaboración de subproductos de valor agregado. Revista Ingeniantes, *9*(1):1.

González-Acosta, J. A., y Rosado-Puccini, R. 2022. Composición del sedimento del sistema afluente-laguna de oxidación-efluente, en una granja intensiva de *Oncorhynchus mykiss*. Revista de Medicina Veterinaria, (44):47-59.

Heredia, D. R. 2021. Metales pesados y salud. Correo Científico Médico, 25(4).

Londoño-Franco, L.F., Londoño-Muñoz, P. T. and Muñoz-Garcia, F. G. 2016. "Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal," *Biotecnoloía en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, 14 (2): 145.

Matsuhiro, B., y Meza, R. E. 2019. Determinación por cromatografía de aminoácidos en *Iridaea ciliata* e *lridaea laminarioides*.

Miraldo, A. 2018. *Biomateriais bio-inspirados à base de sílica para aplicações biomédicas em tecidos duros* (Doctoral dissertation, Universidade de Coimbra).

Quintero, J., y Zapata, J. 2017. Optimización de la extracción del colágeno soluble en ácido de subproductos de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) mediante un diseño de superficie de respuesta. *Información Tecnológica*, 28 (1): 109 – 120.

Ríos, E. A., Vega-Baudrit, J. R., Villegas, J. G., y Sánchez, J. A. 2020. Nanoestructuras de Silicio en Biomedicina y Biotecnología. *Momento*, (60): 18-40.

Rodríguez, J. Z., y Botero, C. M. R. 2015. Aporte de elementos esenciales (Hierro, Cobre y Zinc) en especies de peces del Caribe Colombiano. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *65*(Suplemento 2).

Saillant, E. A., Luque, P. L., Short, E., Antoni, L., Reynal, L., Pau, C., y Hazin, F. 2022. Population structure of blackfin tuna (*Thunnus atlanticus*) in the western Atlantic Ocean inferred from microsatellite loci. *Scientific reports*, *12*(1): 1-9.

Salas, R. G., y del Río, M. M. V. 2018. Piel de cíclidos con utilidad en las quemaduras: perspectivas en la Medicina. Revista UNIANDES de Ciencias de la Salud, 1(1):038-052.

Salvador-Clavell, R. 2020. Efecto de la estimulación mecánica sobre células madre aplicado a la regeneración de cartílago.

Schoenfeld, P. 2020. Colágeno*:* Rejuvenece tu piel, fortalece las articulaciones, y siéntete más joven gracias a la dieta que aumenta la producción y el consumo de colágeno. EDITORIAL SIRIO SA.

Sykes, B. C., y Bailey, A. J. 1971. Molecular weight heterogeneity of the α-chain sub-units of collagen. Biochemical and biophysical research communications, 43(2):340-345.

Rubio Granero, C.; García García, A.; Cardona Serrate, F. 2017. Técnicas básicas de microbiología y bioquímica. Ed. Síntesis. ISBN: 9788490774779.

Tirado, D. F., Montero, P. M., y Acevedo, D. 2015. Estudio comparativo de métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias. Información tecnológica, *26*(2):03-10.

Vitale, P., Tasca, J., Bax, M., Flores, A., Politis, G. G., y Valenzuela, L. 2019. Análisis mediante FTIR de la conservación del colágeno y la posible contaminación en muestras óseas del Cuaternario pampeano. Anales de Arqueología y Etnología*,* 74 (2): 169-189.

Velarde-Rodríguez, M., Beltrán-Acosta, A., Pichardo-Velarde, J., y Amezca-Vega, C. 2015. Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2* (4): 631-639.

Zanfrillo, A. I., Maggiore, M., Campins, M., Rampi, M., Darago, A., Pinto Borges, A., y Vieira, E. 2022. Tecnología aplicada a la bioconversión de residuos sólidos de la industria pesquera.

Zhang, Y.; Geary, T. y Simpson, B. 2019. Genetically modified food enzymes: a review. Current Opinion in Food Science, edited by de Menezes, C.R.; 25: 14–18 https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.01.002.

Zhao, C., Xiao, Y., Ling, S., Pei, Y. y Ren, J. 2021. Estructura del colágeno. En *Proteínas fibrosas* (págs. 17-25). Humana, Nueva York, NY.

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

LA ERGONOMÍA COMO FACTOR A CONSIDERAR EN LAS PRÁCTICAS REPRODUCTIVAS BOVINAS

ERGONOMICS AS A FACTOR TO CONSIDER IN BOVINE REPRODUCTIVE PRACTICES

Marlene del Rocío Nieto Medranda y Juan José Pinargote Zambrano

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

Email: mnieto@espam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Nota técnica

Recibido:
12/01/2023

Aceptado:
30/06/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
14(1):56-62

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.342

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo identificar las afectaciones que se pueden adquirir en las prácticas veterinarias de reproducción bovina de la carrera de Medicina Veterinaria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. La investigación fue de tipo analítica y descriptiva; se realizó una encuesta aplicando la escala de Likert para conocer el riesgo ergonómico que sufren los estudiantes al momento de realizar prácticas reproductivas en el ganado, se tomó como muestra 100 estudiantes de séptimo, octavo, noveno y décimo semestres, con una población de 263; se pudo evidenciar que las actividades como la inseminación, no causaban dolencias en los estudiantes de manera recurrente, sin embargo, una de las causas ocurre a que las actividades no se han realizado por mucho tiempo y los traumatismos se generan a raíz de la ejecución de dicha actividad en un largo espacio de tiempo.

Palabras clave: riesgo, trabajo, posturas.

Abstract

The objective of this research was to identify the affectations that can be acquired in bovine reproduction veterinary practices in the Veterinary Medicine major at Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. The research was analytical and descriptive; a survey was carried out applying the Likert scale to find out the ergonomic risk suffered by students when carrying out reproductive practices in cattle, 100 students from the seventh, eighth, ninth and tenth semesters from a population of 263 were taken as a sample; it was possible to show that activities such as insemination did not cause ailments in the students recurrently, one of the causes is because they are activities that have not been carried out for so long and traumatisms are generated as a result of the same activity for many years.

Keywords: risk, work, postures.

INTRODUCCIÓN

La ergonomía es la ciencia interdisciplinar de las habilidades humanas, con relación a los puestos de trabajo, sus limitaciones y características importantes, principalmente los efectos derivados de la carga de trabajo debido a las posturas del cuerpo (Guillén, 2006). Los objetivos de la ergonomía son promover la salud y el bienestar, reducir los accidentes y mejorar la productividad de las empresas (Apud y Meyer, 2003).

Según Benavides *et al*. (2017) la definición técnica y típica de accidente de trabajo "suceso súbito, inesperado y no deseado que puede causar un daño al trabajador" es más amplia que la definición legal, que solo contempla como accidentes aquellos que efectivamente producen una lesión al trabajador. Por lo demás, en la mayoría de los países la definición legal incluye el carácter súbito y violento del accidente. En los casos en que no se incluye tal carácter, las enfermedades profesionales pueden llegar a considerarse como accidentes de trabajo.

Para el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1997), la decisión clínica en las enfermedades profesionales relacionadas con los trastornos músculo esqueléticos, abordan los traumas ocasionados por el uso permanente de una o las dos extremidades superiores de

manera tensionada, o por intervalos de más de media hora en la misma posición, lo que ocasiona tensión el cuello y en la espalda, con repercusión en las piernas.

Félix *et al*. (2017) sostienen que el hombre empleó herramientas y máquinas sencillas, estas eran posible proyectarlas empleando métodos empíricos, sin embargo, la mecanización ha producido muchos cambios en los métodos y condiciones de trabajo, sostienen que las máquinas simplifican el trabajo humano y lo hacen más agradable, pero en muchos casos esta mecanización produce cambios que alivian el esfuerzo físico, pero aumentan el esfuerzo perceptivo mental. La ergonomía tiene el objetivo de establecer una óptima relación trabajador-trabajo, a fin de mantener el equilibrio entre el trabajador y las condiciones del trabajo.

El trabajo puede contribuir al desarrollo profesional, personal y social, pero el lugar donde se desarrolla la actividad se ve sometido a una serie de modificaciones que pueden provocar multiefectos negativos en la salud del trabajador, ocasionando lo que se conoce como daños derivados del trabajo y enfermedades.

Uno de los dolores más comunes que se presentan es el de espalda, la espalda es un segmento corporal vulnerable a lesionarse si no se toman las medidas preventivas adecuadas, en cuanto a una adopción de posturas inadecuadas, permanecer mucho tiempo en una sola posición y no contar con las medidas ergonómicas dentro del lugar en donde se desempeña el trabajador, conlleva un cierto grado de lesión músculo-esquelética afectando la salud física, emocional, productiva-laboral, social, económico de quien lo padece (Santiago, 2020).

Otro dolor que se genera con frecuencia es en el manguito rotador, este está ubicado en parte de la articulación del hombro, que generalmente resulta inflamada por trabajos que mantienen rígidos los brazos de manera repetitiva, esto se refiere a la parte de articulación del hombro, es un grupo de músculos y tendones, que agarran la parte superior del hueso que permite mantener la estabilidad del hombro, cuando el brazo se mueve o gira, por consiguiente es una parte del cuerpo humano que puede lesionarse con facilidad, muchas veces se lesiona en la juventud, pero las dolencias aparecen después de los 40 años cuando se va perdiendo masa muscular por efectos de la edad. Según la clasificación de esta lesión se pueden dar por compresión primaria, compresión secundaria, tensión y por traumatismos agudos (Ugalde *et al*., 2013).

Cuando los tendones del maguito rotador se rompen o inflaman causan algunos tipos de enfermedades tales como:

Tendinosis: la tendinosis comprende cambios patológicos como la desorganización y separación de las fibras de colágeno, el aumento de la sustancia fundamental mucoide, la hipercelularidad y la neovascularización, en su mayoría sin signos de inflamación intratendinosa (Bonilla, 2019).

Bursitis: anatómicamente el ser humano presenta bolsas serosas similares a las membranas sinoviales en las articulaciones, su función es evitar la fricción entre las estructuras nobles (tendones y cápsulas) con el hueso y prevenir así la ruptura de ellos. La inflamación de estas bolsas, tanto naturales como adventicias, es lo que se conoce con el nombre de bursitis (Gutierrez *et al*., 2022).

Desgarros del manguito rotador: a lesión del manguito de los rotadores es una de las causas principales de dolor musculoesquelético y se considera la patología de hombro más frecuente, el término engloba a un grupo de patologías caracterizadas por dolor en la región deltoidea al realizar actividades por encima de la cabeza con una pérdida del arco de movimiento del hombro, y se pueden clasificar de acuerdo al tiempo de evolución, el mecanismo, y la localización y tamaño de la lesión (Alfaro *et al*., 2021).

En la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, los estudiantes de la carrera de Medicina Veterinaria realizan prácticas de reproducción bovina para el mejoramiento genético como parte del currículo profesionalizante, las prácticas más comunes son la inseminación bovina de manera artificial, y la transferencia de embriones, acto que se realiza en los siguientes pasos: inmovilizar al animal, limpiar el área, introducir el brazo izquierdo por el recto, para utilizar el derecho para introducir la pistola de inseminación por la vulva, palpar con los dedos de la mano izquierda la localización de la abertura del canal cervical y la punta de la pistola de inseminación, luego hundir el succionador y depositar el contenido de la pajilla en el aparato reproductor de la vaca para que se realice el proceso reproductor.

De igual manera, cuando se realiza el procedimiento de colocar el embrión en los cuernos uterinos de la vaca, hay mucha tensión de la mano, el brazo, codo, espalda y nuca, con base en estos antecedentes se estableció como objetivo identificar las afectaciones que se pueden adquirir en las prácticas veterinarias de reproducción bovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la carrera de Medicina Veterinaria de la Escuela Supeior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el Campus Politécnico vía al sitio La Piñuela, para esta investigación se empleó tanto el método inductivo como el deductivo, fue de tipo analítica y descriptiva; presentando un enfoque mixto.

Se trabajó con un diseño documental bibliográfico, ya que fue necesario realizar una revisión de literatura conforme al tema de estudio, la misma que está fundamentada en artículos científicos registrados en bases de datos como Redalyc, Dialnet, Scielo y Redib.

Se aplicó técnicas de preguntas y respuestas como la encuesta que según Ignacio (2011) es un procedimiento típico, practicado con autenticidad en general, que tiene como fin recopilar y convertir información útil para la resolución de problemas de conocimiento en muchos campos.

Se creó formularios en GoogleForms para la recolección de datos y se envió a los correos de la población escogida, la cual fue con base los estudiantes matriculados desde séptimo nivel, hasta décimo nivel que suman en total 135 y se tomó como muestra aleatoria a 100 estudiantes para el estudio, cabe indicar que los encuestados ya habian recibido materia y realizado prácticas de inseminación artificial en vacas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis e interpretación de los resultados

Durante la inseminación artificial al ganado vacuno, la presión rectal de la vaca inflama el nervio radial (antebrazo), esto sucede después de haber inseminado a algunos bovinos. Con base en esta situación se realizó las preguntas en la encuesta con el objetivo de conocer sobre las molestias posteriores a este procedimiento, y se obtuvo como resultado lo siguiente:

Pregunta 1 ¿Ha sentido usted algún tipo de molestia en el antebrazo durante las primeras 10 prácticas?, el 68% encuestados indicó que nunca ha sentido molestia alguna, mientras que el 25% menciona que ha sentido molestia de manera esporádica y el 7% que frecuentemente ha sentido algún tipo de molestia después de la inseminación (Gráfico 1).

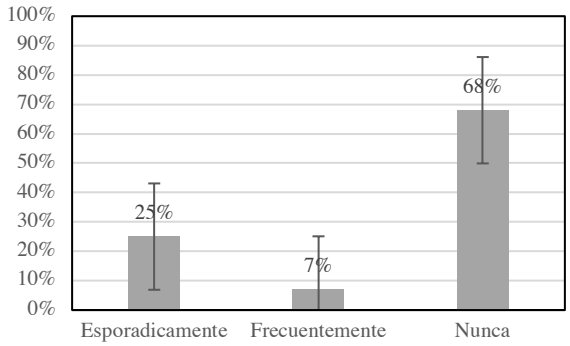


Gráfico 1. Pregunta 1. ¿Ha sentido usted algún tipo de molestia en el antebrazo durante las primeras 10 prácticas?

Con respecto a la pregunta 2, ¿Ha sentido usted algún tipo de molestia en el antebrazo durante las primeras 20 prácticas?, el 68% de los estudiantes indicó que nunca ha sentido molestia alguna, el 24% menciona que ha sentido molestia de manera esporádica y el 8% frecuentemente ha sentido algún tipo de molestia después de la inseminación (Gráfico 2).

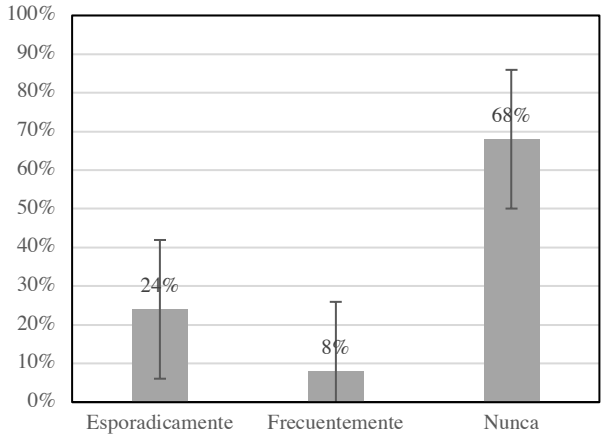


Gráfico 2. Pregunta 2. ¿Ha sentido usted algún tipo de molestia en el antebrazo durante las primeras 20 prácticas?

La tercera pregunta indicaba lo siguiente: ¿Ha sentido usted algún tipo de molestia en el antebrazo durante las primeras 30 prácticas?, el 59% de los estudiantes respondieron que nunca han sentido molestia alguna, pero el 29% menciona que han sentido molestia de manera esporádica y el 12% frecuentemente han sentido algún tipo de molestia después de la inseminación (Gráfico 3).

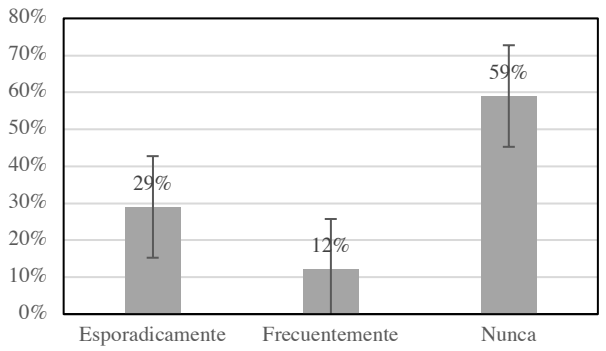


Gráfico 3. Pregunta 3. ¿Ha sentido usted algún tipo de molestia en el antebrazo durante las primeras 20 prácticas?

Después de la práctica de inseminación suele haber una inflamación del nervio radial, esta puede comprometer el codo y el hombro, según los resultados obtenidos el 84% nunca ha sentido este tipo de molestias en el codo, 16% ha tenido de manera esporádica y el 4% de manera frecuente como se muestra en gráfico 4.

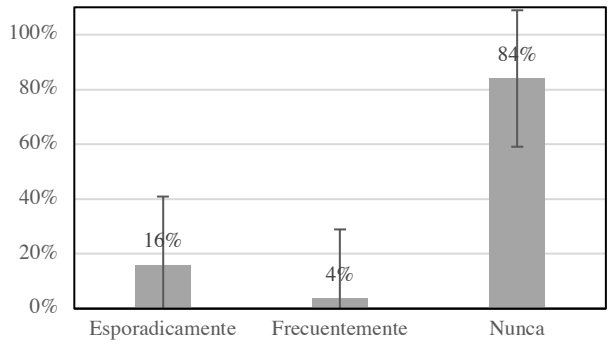


Gráfico 4. Pregunta 4. ¿Ha sentido usted afecciones en el codo después de la práctica?

Con respecto a la pregunta ¿si ha sentido usted afecciones en el hombro después de la práctica?, el 67% indicó que nunca ha sentido afectación en esta zona, el 27% expresó que esporádicamente y el 6% frecuentemente ha tenido el hombro afectado (Gráfico 5).

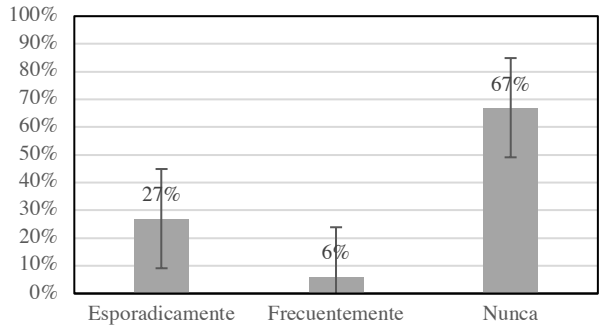


Gráfico 5. Pregunta 5. ¿Ha sentido usted afecciones en el codo después de la práctica?

La ruptura de la camisa sanitaria que alimenta el émbolo para la inseminación de una res, debe realizarse con el dedo índice de manera rápida. Al realizar algunas inseminaciones se afecta el túnel carpiano produciendo traumatismo en algunos dedos, el 81% de los encuestados indicaron que nunca les había ocurrido eso, pero el 15% supo expresar que esporádicamente habían sentido afectación y el 4% frecuentemente.

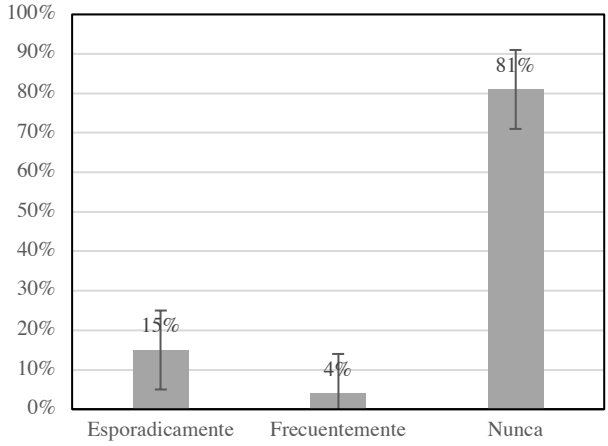


Gráfico 6. Pregunta 6. ¿Ha sentido usted afecciones en el hombro después de la práctica?

Al realizar la inseminación artificial al ganado, la persona necesita estar de pie por algunas horas, ya que la maniobra compromete algunas intervenciones y la posición ocasiona tensiones en algunas partes del cuerpo como en la nuca, espalda, piernas y pies.

Como se muestra en el gráfico 7, el 61% nunca ha sentido la nunca tensionada, por el contrario, el 29% esporádicamente ha tenido tensión en esta zona y el 10% frecuentemente.

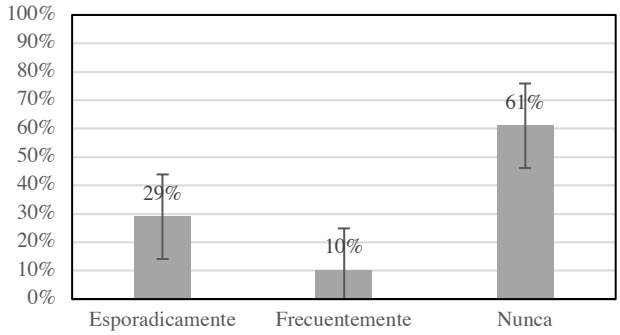


Gráfico 7. Pregunta 7. ¿Ha sentido molestias en la nuca?

Con respecto a si ha sentido molestia en la espalda, el 49% mencionó que nunca, 44% estableció en que esporádicamente han tenido molestia en esta zona, y el 7% de manera frecuente (Gráfico 8).

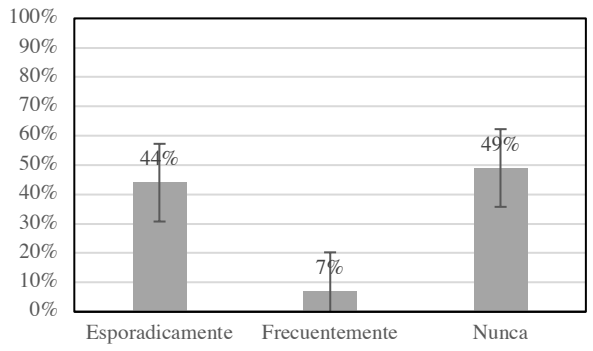


Gráfico 8. Pregunta 8. ¿Ha sentido molestias en la nuca?

El gráfico 9 muestra que el 58% si, ha sentido molestia en las piernas cuando realiza la inseminación en el ganado, el 33% esporádicamente siente algún tipo de molestia y 9% de manera frecuente.

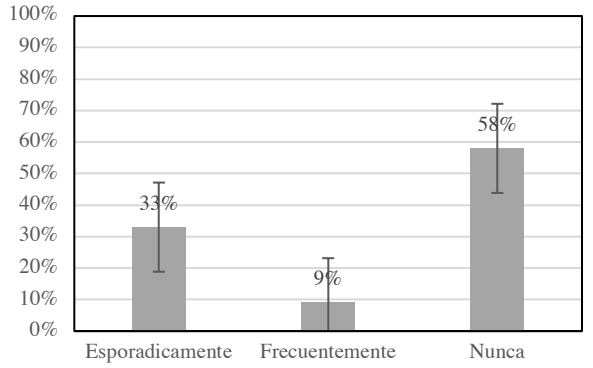


Gráfico 9. Pregunta 9. ¿Ha sentido molestias en las piernas?

Según los resultados obtenidos, el 31% ha sentido de manera esporádica molestias en los pies al momento de realizar un procedimiento como la inseminación, 12% ha sentido molestia frecuentemente y el 57% nunca.

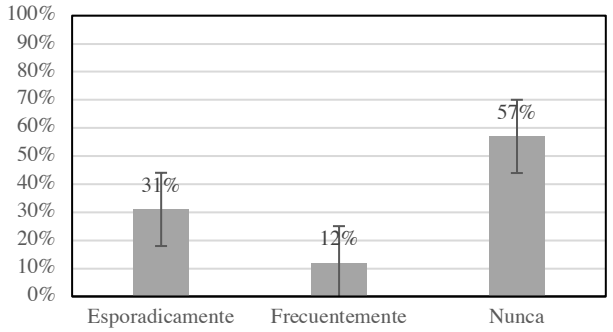


Gráfico 10. Pregunta 10. ¿Ha sentido molestias en los pies?

Al realizar una transferencia de embriones a una res, se necesita mucha maniobra con las manos en el interior de la vaca, esta maniobra se torna traumática en todo el brazo, por tener la mano dentro de los genitales vacunos. El 58% de los encuestados indicaron que esta actividad nunca le ha producido dolor en la muñeca, mientras que el 35% ha sentido dolor de manera esporádica y el 7% de manera frecuente. El 80% también indicó que nunca han tenido dolor en el codo, el 15% de manera esporádica y el 5% frecuentemente ha sentido este tipo de dolencia. Al realizar la pregunta acerca de dolores en el hombro el 61% nunca ha tenido molestias en esta zona, el 21% esporádicamente y el 8% de manera frecuente. Con respecto a dolores en la espalda y piernas el 58% mencionó que nunca han sentido dolores, ni en la espalda ni en las piernas, en el momento de realizar este tipo de procedimientos en las vacas, mientras que el 32 y 31% lo han sentido de manera esporádica y, el 10 y 11% frecuentemente han tenido molestias en estas zonas.

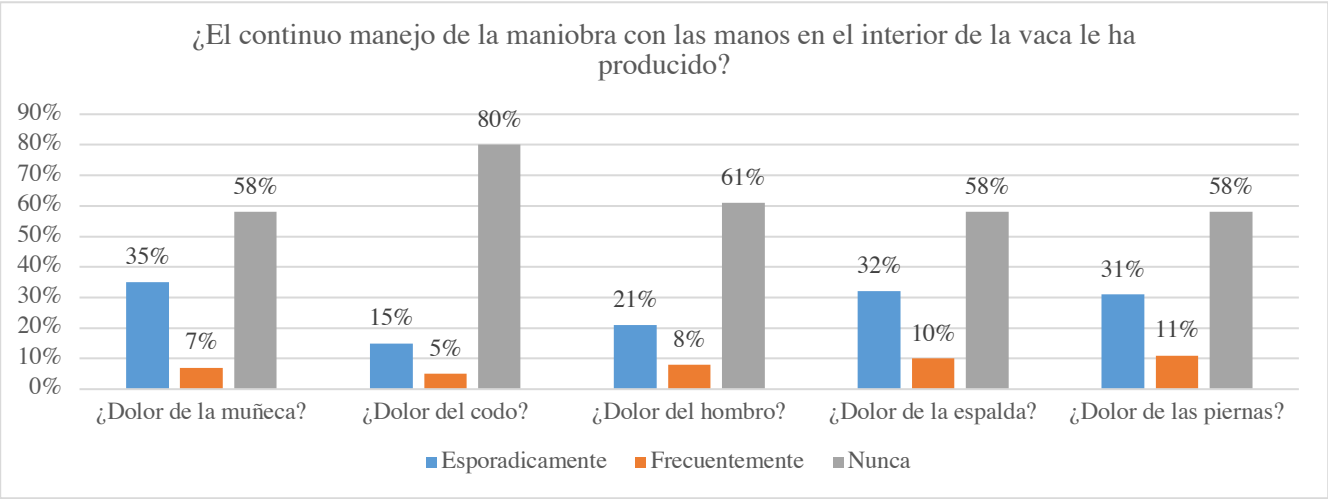


Gráfico 11. Pregunta 11. ¿El continuo manejo de la maniobra con las manos en el interior de la vaca le ha producido dolor?

Al realizar la aspiración folicular de una vaca el inseminador debe agarrar cada uno de las trompas para introducir la aguja hasta el ovario, esto puede causar pinchadas en los dedos de quien realiza la práctica, a los encuestados se le preguntó si han sufrido este tipo de accidente en esta práctica, el 87% indicó que nunca, el 7% esporádicamente y el 6% frecuentemente.

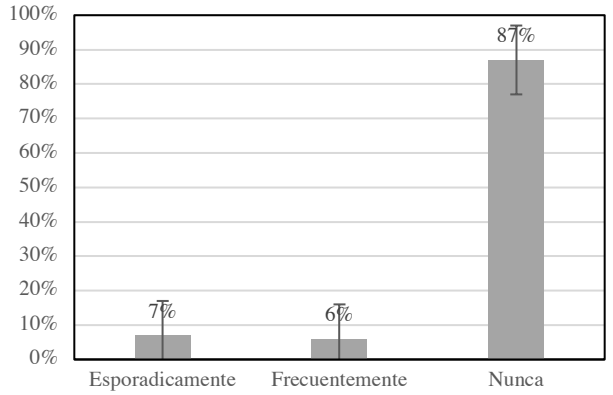


Gráfico 12. Pregunta 12. ¿El continuo manejo de la maniobra con las manos en el interior de la vaca le ha producido dolor?

Al introducir el brazo en el canal rectal de una vaca la persona lo hace con una funda de inseminación, esta funda puede romperse y contaminar, el 62% de los encuestados indicó que nunca les ha ocurrido un suceso como ese, mientras que el 29% le ha pasado esporádicamente y el 9% frecuentemente.

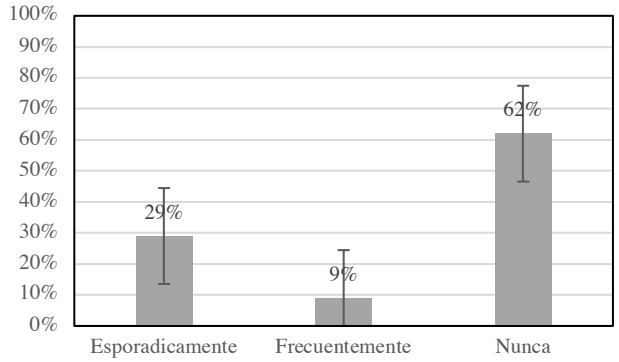


Gráfico 13. Pregunta 13. ¿Al momento de realizar una inseminación la funda puede romperse y contaminar al inseminador, con qué frecuencia suele suceder?

La continua manipulación en la reproducción bovina produce seria parasitosis en el organismo humano, ¿Con qué frecuencia el docente recomienda desparasitarse?, el 50% indicó que este procedimiento debería realizarse de manera frecuente, el 30% de manera esporádica y el 20% mencionó que nunca su docente recomendó desparasitarse.

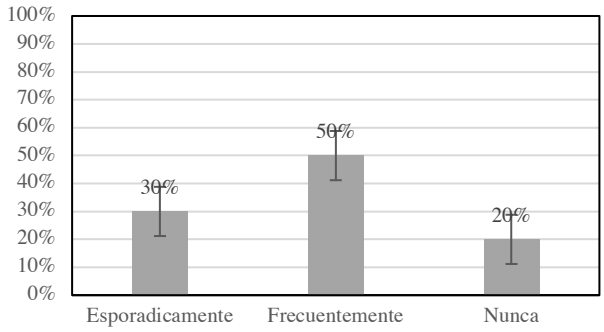


Gráfico 14. Pregunta 14 ¿La continua manipulación en la reproducción bovina produce seria parasitosis en el organismo humano, con qué frecuencia le recomienda su docente desparasitarse?

Para Gómes (2014) la ergonomía física, se ocupa de la anatomía humana y las características biomecánicas, y cómo estas se relacionan con la actividad física. En esta dimensión, se considera temas como las posturas pertinentes, la manipulación de cargas, los movimientos repetitivos, el diseño del lugar de trabajo, así como la seguridad y salud en el trabajo. Los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral son alteraciones que sufren estructuras corporales como los músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos y el sistema circulatorio, causadas o agravadas fundamentalmente por el trabajo y los efectos del entorno en el que este se desarrolla (Garrafa *et al*., 2015).

En la medicina veterinaria se dan muchos casos por los movimientos repetitivos que se dan en las actividades con animales, como es el caso de las inseminaciones, estos riegos se refieren a las posibilidades de adquirir patologías o trastornos producidos en la rutina de la práctica del conocimiento, la posición del cuerpo y contaminación que puede tener, por este motivo Ponsot (2020) menciona que es importante mantener los miembros inferiores colocados sobre el piso o un apoya pies, y ubicar los elementos de trabajo en una zona de alcance óptimo, adicionalmente se debe realizar pausas activas de descanso cada 50 minutos, alternando la postura cedente con otra actividad en bipedestación o caminando que requiera diferente exigencia muscular. La mala posición también puede provocar enfermedades del sistema osteomuscular, tenosinovitis de la estiloides radial debido a movimientos repetitivos, esfuerzos intensos y posturas extremas de la muñeca, tenosinovitis crónica de la mano y la muñeca por causa de movimientos repetitivos, esfuerzos intensos y posturas extremas de la muñeca, bursitis, tendinitis del olécranon debido a la presión prolongada en la región del codo, las lesiones más comunes son: tendinitis del supraespinoso, síndrome de pinzamiento, tendinitis calcificante, bursitis secundaria y rotura del manguito rotador. Según (Camacho y Rojas, 2020) las zonas corporales con mayores incidencias de errores ergonómicos en prácticas con animales son los pies,

cabeza y cuello, las cuales se relacionaron con molestias y dolor en la zona lumbar y del músculo trapecio.

CONCLUSIONES

Existe un grupo de estudiantes que al realizar prácticas de inseminación artíficial ha sentido molestias de manera esporádica, considerando la edad como una condición importante en este estudio ergonómico, considerando que la juventud permite generalmente gozar de elasticidad muscular y la capacidad de soportar posturas de manera prolongada, se conoció que realizando la misma práctica de manera permanente se puede adquirir dolencias que afectarían la movilidad natural de alguna parte del cuerpo.

LITERATURA CITADA

Alfaro. R., Ramirez, R. y Solano, J. 2021. Lesiones del manguito de los rotadores. Revista Médica Sinergia. 6(1): 632.

Apud, E. y Meyer, F. 2003. La importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud. Ciencia y enfermeria. 9(1): 15-20.

Benavides, F., Ruiz-Frutos, C. y García A. 2006. Salud Laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de los riesgos laborales - 3a ed, Barcelona: Masson

Bonilla-Alvarado, F. 2019. Tendinopatías: etiología, histopatología y avances terap. Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos, 3(6):14–23. https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v3i6.103

Camacho FJ, Rojas MA. Errores ergonómicos en un curso básico de entrenamiento en microcirugía. Rev. Fac. Med. 2020;68(4):499-504. Spanish. doi: http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed. v68n4.77256.

Félix M, Ormaza M., Real G. 2017. Ergonomía y bienestar laboral. Editorial Abya-Yala

Garrafa, M., García, M. y Sánchez, G. 2005. Factores de riesgo laboral para tenosinovitis del miembro superior. Medicina y Seguridad del Trabajo. 61(41): 486.

Gomes, J. 2014. El papel de la ergonomía en el cambio de las condiciones de trabajo: perspectivas en América Latina. Revista Ciencias de la Salud. 12: 5-8.

Guillen, M. 2006. Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. Revista Cubana de Enfermería. 22(4).

Gutiérrez Blanco, Mario, Sánchez Valdeolla, Oscar, & Banderas Vargas, Teresa. 2002. Tratamiento de las bursitis en hombros con aurículoterapia y tuina. Revista Archivo Médico de Camagüey, 6(2): 130-137.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1997 NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Recuperado: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_452.pdf

Ponsot, M. 2020. Estudio ergonómico de apoyo técnico agropecuario en la unidad de desarrollo economico local de una municipalidad. Revista Ergonomía, Investigación y Desarrollo, 2(1):154-167.

Santiago, C. 2020. Dolor de espalda y el teletrabajo en el contexto de la crisis por COVID-19. Rev Cient Cienc Med 2020; 24(1): 88-89.

Ugalde, C., Zuñiga, D. y Barrantes. 2013. Actualización del síndrome de hombro doloroso: lesiones del manguito rotador. Revista Medicina Legal de Costa Rica. 30 (1): 63-71.